311 18

UNTERSUCHUNGEN ZUR EIGNUNG VERSCHIEDENER PROTEINQUELLEN BEI KRALLENAFFEN

Carola Flurer

1981

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41547028_0028

Aus dem Institut für Physiologie, Physiologische Chemie und
Ernährungsphysiologie der Tierärztlichen Fakultät
der Universität München

Geschäftsführender Vorstand: Prof.Dr.H. Zucker

und dem
Max von Pettenkofer-Institut für Hygiene und Medizinische Mikrobiologie
der Universität München

Vorstand: Prof.Dr.F. Deinhardt

Angefertigt unter Leitung von Prof.Dr.H. Zucker

UNTERSUCHUNGEN ZUR EIGNUNG VERSCHIEDENER PROTEINQUELLEN BEI KRALLENAFFEN

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der tiermedizinischen Doktorwürde der
Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-
Universität München

von
Carola F l u r e r
aus
München

München 1980

Gedruckt mit Genehmigung der Tierärztlichen Fakultät der Universität München

Dekan: Prof.Dr.J. von Sandersleben

Referent: Prof.Dr.H. Zucker

Korreferent: Prof.Dr.H. Kraft

Tag der Promotion: 27. Februar 1981

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

DISSERTATIONS - UND FOTODRUCK FRANK GmbH
8000 München 2, Gabelsbergerstraße 15, Tel. 2809090

Meiner Mutter
in Dankbarkeit gewidmet

INHALTSÜBERSICHT

1.	EINLEITUNG	1
1.1.	Zoologie und Biologie der Krallenaffen	1
1.2.	Bedeutung für die medizinische Forschung	8
1.3.	Folgerung für die Notwendigkeit der Ernährungsforschung	10
1.4.	Problemstellung	13
1.4.1.	Koloniediät	13
1.4.2.	Eignung von Sojaproteinen im Vergleich zu Milchprotein	18
2.	LITERATURÜBERSICHT	20
2.1.	Allgemeines zur Ernährung der Krallenaffen	20
2.2.	Besonderheiten im Vitamin- und Mineralstoffbedarf	21
2.3.	Proteinbedarf	25
2.4.	Testproteinquellen	30
2.4.1.	Casein	30
2.4.2.	Sojaprodukte	31
2.4.2.1.	Herstellung und Verwendung	31
2.4.2.2.	Den Nährwert beeinflussende Eigenschaften	34

3.	EIGENE UNTERSUCHUNGEN	38
3.1.	Koloniediät	38
3.1.1.	Entwicklung der Diät	38
3.1.2.	Versuch mit Zinksubstitution	47
3.1.3.	Präferenzversuche mit anderen Diäten	49
3.2.	Untersuchungen zur Eignung verschiedener Proteinquellen	52
3.2.1.	Material und Methoden	52
3.2.1.1.	Versuchsplanung und Versuchsdurchführung	52
3.2.1.1.1.	Vorversuch	54
3.2.1.1.2.	Hauptversuch	56
3.2.1.2.	Tiermaterial	59
3.2.1.3.	Analytische Methoden	60
3.2.1.4.	Statistische Methoden	63
3.2.2.	Ergebnisse und Diskussion	63
3.2.2.1.	Akzeptanz	63
3.2.2.2.	Gewichtsentwicklung	66
3.2.2.3.	Verdaulichkeit und Kotbeschaffenheit	69
3.2.2.4.	Verträglichkeit	72
4.	SCHLUSSFOLGERUNGEN	74
	ZUSAMMENFASSUNG	77
	SUMMARY	78
	LITERATURVERZEICHNIS	79

1. EINLEITUNG

1.1 Zoologie und Biologie der Krallenaffen

Als vor etwa vierzig Millionen Jahren die Landbrücke zwischen der nördlichen Hälfte Amerikas - damals noch mit der Alten Welt verbunden - und der südlichen Hälfte verschwand, spaltete sich auch die Primatenunterordnung Affen in die Alt- und Neuweltaffen (siehe Tabelle 1).

CRONIN und SARICH (1978) ermittelten durch Vergleiche von Serumalbumin- und -transferrinwerten, daß sich der Stammbaum der Neuweltaffen nach weiteren 20 bis 25 Millionen Jahren in sieben große Zweige auftrennte. Einer davon, die jetzige Krallenaffenfamilie, teilte sich vor sieben bis zehn Millionen Jahren in die auf Tabelle 2 gezeigten Arten auf.

Die Neuweltaffen heißen wegen ihrer breiten Nasenscheidewand auch Breitnasenaffen im Gegensatz zu den schmalnasigen Altweltaffen. Zu den Breitnasenaffen gehören noch der Springtamarin und die große Familie der Kapuzinerartigen, mit einigen bekannten Arten wie Totenkopf-, Kapuziner- und Brüllaffen und dem einzigen nachtaktiven Affen, Aotus trivirgatus ("Nachtaffe").

Das Vorkommen der Neuweltaffen beschränkt sich auf Südamerika und den südlichsten Teil Mittelamerikas, während die Altwelt- und Halb-

TABELLE 1

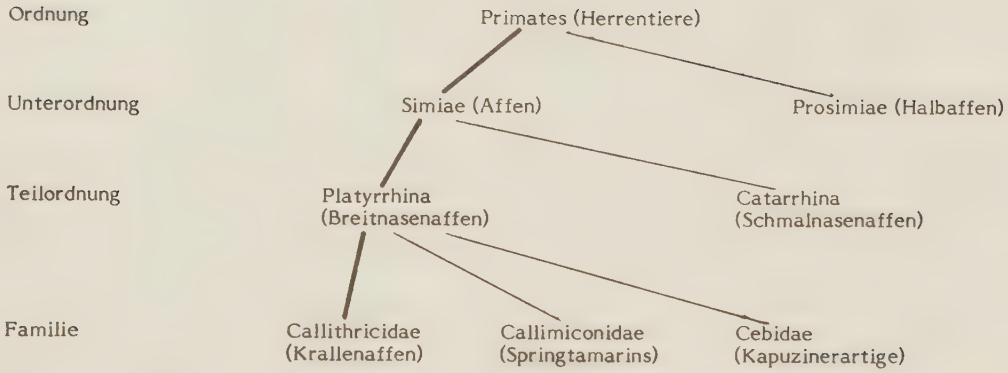
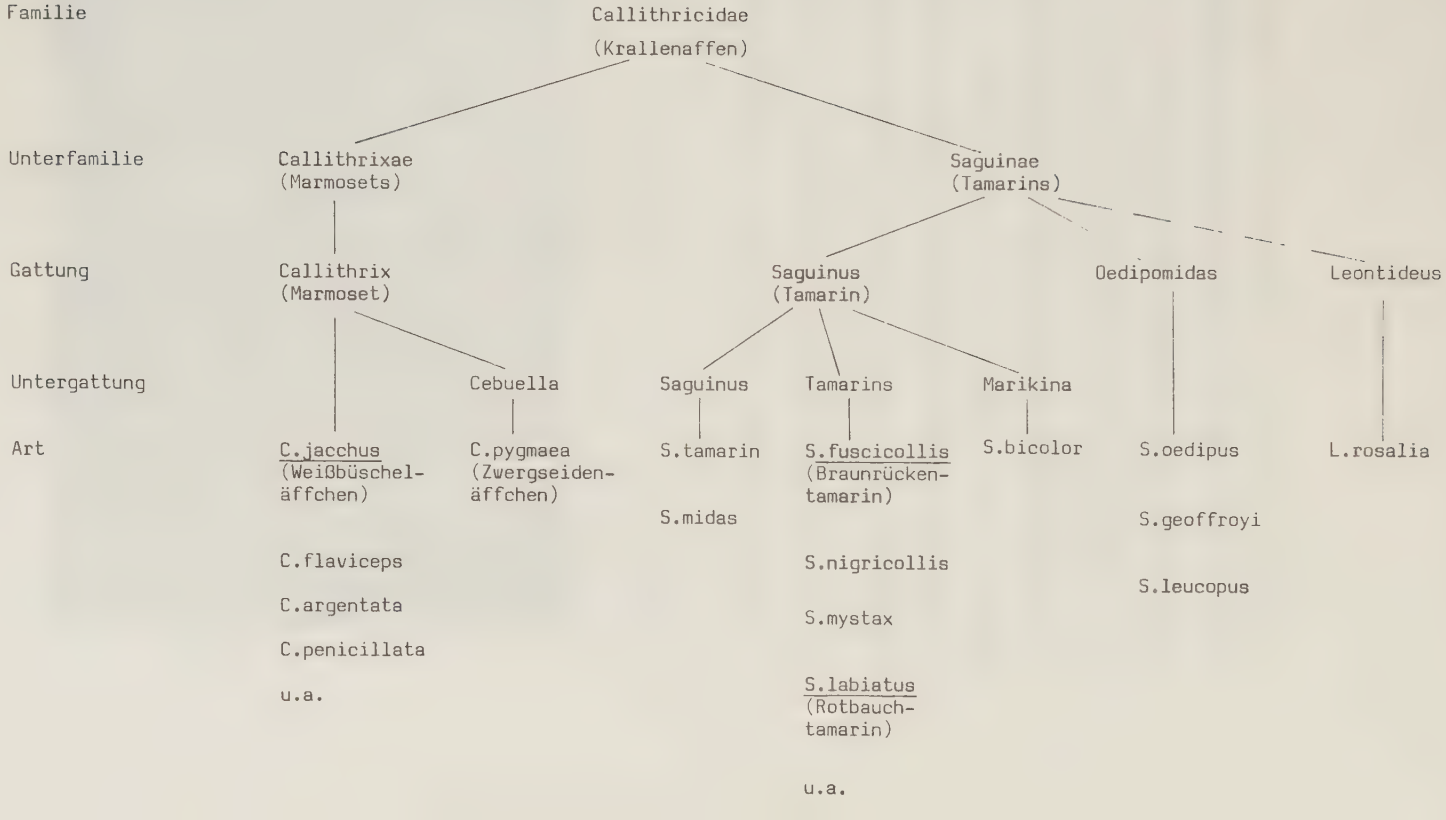

Ordnung
Primates (Herrentiere)
Unterordnung
Simiae (Affen)
Prosimiae (Halbaffen)
Teilordnung
Platyrrhina
(Breitnasenaffen)
Catarrhina
(Schmalnasenaffen)
Familie
Callithricidae
(Krallenaffen)
Callimiconidae
(Springtamarins)
Cebidae
(Kapuzinerartige)

TABELLE 2 (nach GRZIMEK, 1979)



affen in Afrika und Asien beheimatet sind. Alle Neuweltaffen sind Baumtiere. Die meisten Arten leben in Urwäldern östlich der Anden und werden durch breite Flüsse, Gebirgszüge und Savannen an einer Verbreitung gehindert. Dadurch sind auf begrenztem Raum viele Unterarten entstanden, die vielleicht noch gar nicht alle bekannt sind, da die Lebensräume schwer zugänglich und noch nicht umfassend erforscht sind.

Die Krallenaffen stellen biologisch eine recht einheitliche Familie dar, entsprechen aber nicht der landläufigen Vorstellung eines typischen Affen. Es sind kleine Tiere mit einem Körpergewicht von 300 bis 600 Gramm (mit Ausnahme des Zwergseidenäffchens mit ca. 120 Gramm) und einer Körperlänge von etwa 20 cm mit einem über 30 cm langem, behaarten Schwanz. Dieser dient als Stütz-und Steuerorgan, ist aber nicht wie bei den Klammerschwanzaffen (Familie Kapuzinerartige) zum Greifschwanz ausgebildet. Bild Nr. 1 zeigt einen Callithrix jacchus.

Dank ihrer langen, kräftigen Hintergliedmaßen sind die Callithricidae gute Springer. Gelegentlich richten sie sich bei drohender Gefahr auf. Die zur mäßigen Adduktion fähige Großzehe trägt einen Nagel, während die anderen Zehen und alle Finger in einer Kralle enden. Der Daumen kann den Fingern zwar nicht gegenübergestellt werden, trotzdem ist die Hand aber gut zum Greifen geeignet. Allen Breitnasenaffen gemeinsam ist die Sitzposition, bei der das Körpergewicht nur auf den Füßen liegt. Darum sind bei ihnen auch keine Gesäßschwielen ausgebildet.

Die Gehirnmorphologie ist innerhalb der Teilordnung Breitnasenaffen nicht einheitlich: die Krallenaffen haben ein deutlich kleineres und weniger differenziertes Gehirn als die Kapuzinerartigen, die wiederum den Schmalnasenaffen bezüglich Gehirngröße und Anzahl der Sulci unterlegen sind.

Die Einteilung der Krallenaffen in Marmosets und Tamarins beruht nach HERSHKOVITZ (1977) auf der unterschiedlichen Dentition. Die Zahnformel ist zwar einheitlich $\frac{2\ 1\ 3\ 2}{2\ 1\ 3\ 2}$ (insgesamt 32 Zähne), doch sind die Eckzähne bei den Tamarins sehr viel kräftiger ausgebildet, besonders in der unteren Zahnreihe. Bei den Marmosets gleichen die unteren Canini in Gestalt und Größe den Incisivi. Diese Gebißspezialisierung ermöglicht es ihnen, kleine Löcher in Bäume bis zur Kambiumschicht zu bohren, um dann den herausfließenden Baumsaft aufzulecken. Aus Freilandbeobachtungen schließen COIMBRA-FILHO und MITTERMEIER (1978), daß das Baumexsudat einen bedeutenden Anteil an der Nahrung von Marmosets darstellt. Nur ganz bestimmte Baumsorten werden ausge-

wählt. Eine Analyse des Exsudates von Anacardium occidentale ergab, daß Kohlenhydrate, die bei Hydrolyse verschiedene Hexosen und Pentosen liefern, 84% ausmachen (Trockensubstanz 15%), wobei Arabin mit 66,5% insgesamt den Hauptteil darstellt (MACHADO und LEITE, 1957).

Neben weiteren Vegetabilien wie Früchten, Knospen, Blättern und Nüssen fressen die omnivoren Callithricidae häufig Insekten, Baumfrösche, kleine Eidechsen und Mäuse, Jungvögel und Vogeleier. Die als Kulturfolger bekannten Marmosets fressen gerne Speisereste auf. Tamarins fressen auch gerne Baumharz, widmen aber einen Großteil ihrer Aktivität dem Jagen nach Heuschrecken (IZAWA, 1978). Lebende Beute wird mit einem sicheren Biß in den Hirnschädel schnell getötet. Ihren Wasserbedarf decken sie mit saftigen Früchten, Regen-oder Kondenswasser auf den Blättern.

Ihre vielfältigen Lautäußerungen erinnern teilweise an Vogelgezwitscher, können aber auch sehr schrill sein und bis an die menschliche Hörgrenze reichen.

In ihrer natürlichen Umgebung bilden zwei bis sechs Individuen eine Familie, die ein Areal von 100 bis 1000 m^2 durchstreift. Bei Tamarins wird auch ein friedliches Zusammenleben mehrerer Familien in einer Gruppe beobachtet. Callithricidae leben grundsätzlich monogam. Nachts schlafen die Tiere fest und lange in hohlen Bäumen oder verfilzten Lianen.

Der ovarielle Zyklus des Weißbüscheläffchens, Callithrix jacchus, beträgt nach HEARN et al. (1975) durchschnittlich 16,4 Tage und ist

äußerlich nicht wahrnehmbar. Nach einer Tragezeit von 140 bis 150 Tagen werden, einzigartig innerhalb der Unterordnung Affen, meistens Zwillinge geboren, doch kommen besonders bei den Marmosets in 20% bis über 50% der Fälle Drillingsgeburten vor (WINTER und ROTHE, 1977/78). Ein laktierendes Weibchen kann aber nur maximal zwei Jungtiere ernähren. Das Geburtsgewicht eines Wurfes beträgt bei Tamarins 14,7%, bei Marmosets 21,4% des Gewichts der Mutter vor der Trächtigkeit (LEUTENEGGER, 1980). Die Säugezeit beträgt 50 bis 85 Tage, doch nehmen die Jungtiere, sobald ihr Milchgebiß vollständig ist, etwa ab dem 40. Tag, zwischendurch feste Nahrung auf. Sowohl der Vater als auch ältere Geschwister beteiligen sich von Geburt an eifrig am Tragen der Jungtiere. Mit 18 Monaten bei Marmosets bzw. 24 Monaten bei Tamarins ist das Wachstum abgeschlossen und die sexuelle Reife erreicht. Die Weibchen sind vermutlich bis an ihr Lebensende fertil und unterliegen auch keinem Laktationsanöstrus. In der Natur gebären sie einmal im Jahr, während in Gefangenschaft zwei Geburten pro Jahr durchaus möglich sind. Man vermutet bei diesen Affen eine durchschnittliche Lebenserwartung von 12 Jahren.

Eine biologische Besonderheit tritt bei den Mehrlingsträchtigkeiten auf. Die Feten sind, obwohl nicht monozygot, in ein gemeinsames Chorion eingehüllt. Die Krallenaffen bauen wie der Mensch eine bidiscoidale Plazenta hämomonochorialis auf, die aber einer anderen Hämodynamik unterliegt. Bei allen heterosexuellen und einigen gleichgeschlechtlichen Zwillingen kommt es zu Chimärismus, der eine Immuntoleranz des hämopoetischen Systems zur Folge hat. Keimzellchimärismus scheint

nicht vorzukommen (GENGOZIAN et al, 1980). Freemartinismus wurde noch nicht beobachtet.

1.2 Bedeutung für die medizinische Forschung

Als Versuchstiere weisen die Krallenaffen innerhalb der Primatenordnung einige Vorteile auf, wie z.B. geringe Körpergröße, schnelle Generationsfolge und hohe Reproduktionsfähigkeit in Gefangenschaft, niedrige Unterhaltskosten, relativ einfache Handhabung und nicht zuletzt - gemessen am Menschenaffen - einen niedrigen Intelligenzgrad. Die Zahl der weltweit in Laboratorien gehaltenen Krallenaffen dürfte nach grober Schätzung bei etwa 10.000 liegen.

Krallenaffen sind möglicherweise aufgrund ihrer herabgesetzten immunologischen Kompetenz für eine große Anzahl von tierischen und menschlichen Viren empfänglich wie z.B. für die Erreger von Mumps, Röteln, menschlicher Hepatitis A, für Herpes-simplex-Virus, verschiedene RNA- und DNA-Tumorviren und 'slow viruses' (DEINHARDT et al., 1976). Für Studien virusinduzierter Neoplasien stellen sie die Versuchstiere der Wahl dar (WOLFE und DEINHARDT, 1978).

Die Spezies Saguinus mystax, S. labiatus, S. fuscicollis, S. oedipus und Callithrix jacchus sind in unterschiedlichem Maße empfänglich - hier in der Reihenfolge der Empfänglichkeit aufgeführt - für das Hepatitis-A-Virus (HAV). Einige Spezies reagieren lediglich mit vorübergehenden Transaminasenerhöhungen und/oder der Bildung von Antikörpern gegen HAV. Sie stellen jedoch ein gutes Modell für Pathogenesestudien dar.

Möglicherweise sind einige Spezies auch für Erreger der Non-A-non-B Hepatitis empfänglich.

Desweiteren sind Krallenaffen suszeptibel für eine Reihe von Herpesviren, einschließlich Epstein-Barr-Virus (EBV) und zwei weiterer vom Primaten stammender Herpesviren, das Herpesvirus ateles (HVA) und Herpesvirus saimiri (HVS). EBV führt in einigen Spezies von Marmosets zu einem Erkrankungsbild, das der natürlichen Erkrankung des Menschen vergleichbar ist. Infizierte Tiere zeigen klinische Erscheinungen, die denen der infektiösen Mononukleose beim Menschen ähnlich sind, bis hin zu malignen lymphoproliferativen Erkrankungen (Transformation von B-Lymphozyten). Damit ist ein ideales Versuchsmodell für die Erforschung der Pathogenese der durch EBV induzierten Erkrankung des Menschen gefunden. Es ist in diesem Modell zum ersten Mal gelungen, die Koch-Henle'schen Postulate für ein menschliches tumorinduzierendes Virus zu erfüllen.

HVA und HVS induzieren bei bestimmten Spezies der Familie Callithricidae T-Zell-Lymphome und Leukämien. Damit ist ein Modellsystem gefunden, mit dessen Hilfe Epidemiologie und Pathogenese menschlicher Lymphome und Leukämien erforscht und Therapiestudien begonnen werden können.

Seit einigen Jahren studieren HEARN et al. die Reproduktionsbiologie und Endokrinologie bei Callithrix jacchus im Hinblick auf ein mögliches Modellsystem für das menschliche Fortpflanzungsgeschehen. Besonderes Interesse gilt der Entwicklung einer langfristigen Empfängnisver-

hütungsmethode, die durch eine Immunisierung gegen menschliches Choriogonadotropin (HCG) bzw. Luteinisierendes Hormon - Releasing Hormon (LH-RH) erreicht werden sollen. Nach einmaliger Immunisierung gegen eines der beiden Hormone blieben die Versuchstiere bis zu zwei Jahre unfruchtbar. In der darauf folgenden Zeit lösten die noch in geringem Umfang zirkulierenden Antikörper gegen HCG gehäuft Aborte aus, während die zuvor gegen LH-RH geimpften Tiere normale Trächtigkeiten entwickelten (HEARN et al. 1978). Außerdem wurde die Weheneinleitung bzw. Graviditätsunterbrechung mit synthetischen Prostaglandinen an Marmosets getestet. Auch für orale Kontrazeptiva stellten sie ein nützliches Modell dar (HIDDLESTON, 1975).

Marmosets werden auch in der teratologischen und toxikologischen Forschung eingesetzt, besonders um den Schimpansen als Versuchstier zu ersetzen. Thalidomid ("CONTERGAN") z.B. erzeugte bei Marmosets eine vergleichbar schwere Embryopathie wie beim Menschen (SIDDALL, 1978).

DREIZEN und LEVY (1969) haben bei Marmosets experimentell ein Folsäuremangelsyndrom erzeugt, das dem beim Menschen ähnlich ist. Auch eine diätinduzierte Atherosklerose bei Marmosets wurde beschrieben (DREIZEN et al., 1973).

1.3 Folgerung für die Notwendigkeit der Ernährungsforschung

Bekanntlich beeinflußt die Ernährung nicht nur das körperliche Wachstum, sondern wirkt auch entscheidend auf den Verlauf infektiöser oder

degenerativer Erkrankungen sowie auf den Prozeß der Wundheilung und anderer Reparationsmechanismen ein. Medizinische Versuche am Tiermodell können folglich nur dann eindeutige Ergebnisse liefern, wenn der Ernährungsstatus des Versuchstieres bekannt ist, es also nicht einem unerwarteten Nährstoffmangel unterliegt. Der physiologische Standard muß bekannt sein, um eine Abweichung davon exakt definieren zu können. Ein Vergleich zwischen Arbeiten aus verschiedenen Laboratorien läßt sich wesentlich effektiver gestalten, wenn man von einem bestimmten Modell, in diesem Fall ein optimal ernährtes Versuchstier, ausgehen kann. Eine standardisierte Alleindiät von definierter Zusammensetzung ist deshalb von grundsätzlicher Bedeutung.

Das Problem ist, daß für Krallenaffen fast keine Bedarfswerte vorliegen. Die aus Freilandsbeobachtungen und Mageninhaltsuntersuchungen gewonnenen Erkenntnisse über die Art der aufgenommenen Nahrung sind wohl als wertvolle Anhaltspunkte dienlich, erlauben aber keine detaillierten Rückschlüsse auf den tatsächlichen Nährstoffbedarf. Erstens kann sich, bedingt durch die Unzugänglichkeit des Lebensraumes der Krallenaffen, einiges der Beobachtung entziehen, und zweitens wählen die Tiere spontan nur das aus, was ihnen momentan am attraktivsten erscheint. Letzteres kann man auch gut bei in Gefangenschaft gehaltenen Tieren beobachten, die mit der Cafeteria-Fütterungsmethode ernährt werden, das heißt gleichzeitiges Angebot unterschiedlich schmackhafter Bestandteile. Wenn dabei die nahrhafteren

Anteile die relativ weniger wohlschmeckenden darstellen, können die Tiere leicht in ein Nährstoffdefizit absinken, so beschrieben von BRACK und ROTHE (1980).

Die Dringlichkeit der Ernährungsforschung zeigt sich auch an dem in mehreren Versuchstierbeständen gehäuften Auftreten einer nur vage zu beschreibenden Krankheit, genannt "Wasting Marmoset Syndrome" (KING, 1976; SHIMWELL et al, 1979; BRACK und ROTHE, 1980). Die betroffenen Tiere erkranken an chronischer Diarrhoe, nehmen stark an Gewicht ab, zeigen besonders an der Schwanzwurzel Haarverlust, entwickeln Anämien, das Albumin-Globulin-Verhältnis sinkt unter 1, es treten Schwäche und eventuell Koordinationsstörungen, eine schlaffe Lähmung der Hinterextremitäten und Muskelschwund auf. Die Krankheit verläuft meist innerhalb weniger Wochen tödlich und spricht auf die verschiedensten Behandlungsversuche nur selten an. Die Ätiologie ist noch völlig unklar, doch werden als mögliche Ursachen überwiegend Ernährungsfaktoren favorisiert. Davon stehen unter anderem Vitamin D_3-Überdosierung, Zinkmangel oder -vergiftung, Protein- oder ein spezieller Aminosäuremangel, Futterallergie, Calcium-Phosphor-Imbalanz, Eisen- oder Kupfermangel usw. zur Diskussion. Mikrobielle, toxische und genetische Faktoren werden auch in Erwägung gezogen.

Der wachsende Bedarf an Krallenaffen kann künftig fast nur noch aus Zuchtkolonien gedeckt werden, da die Ursprungsländer den Export dieser Tiere verboten haben. Das heißt, man ist auf den Zuchterfolg der etablierten Kolonien angewiesen, wenn man weiterhin mit diesen Affen

arbeiten will. Langfristig ist nur dann mit einer guten Reproduktionsrate zu rechnen, wenn die Laborhaltungs- und Fütterungsbedingungen dem Bedarf der Tiere weitest möglich entgegenkommen. Es ist also nicht mehr ausreichend, aus der Freiheit gefangene Tiere nur eine begrenzte Zeit am Leben erhalten zu können, sondern man muß subtiler auf den Nährstoffbedarf eingehen unter Berücksichtigung der verschiedenen Wachstums-und Reproduktionsstadien.

1.4 Problemstellung

1.4.1 Koloniediät

Um eine Diät als optimal definieren zu können, müssen die damit ernährten Tiere mehr als nur klinisch gesund sein. Sie müssen auch hinsichtlich sozialem Verhalten, Wachstumsraten, Widerstandsfähigkeit gegen Krankheiten, Reproduktionsfähigkeit, Langlebigkeit und der "Qualität" des Lebens beurteilt werden (KERR, 1972). Ein Labortierfutter läßt sich also nur langfristig endgültig beurteilen. Eine optimale Diät ist das Endziel, zu dem diese Arbeit einen Beitrag leisten soll. Um dieses Ziel zu erreichen, sind noch umfangreiche Ernährungsstudien erforderlich.

Hier jedoch geht es um das akute Problem, eine praktikable Koloniediät zu finden, die von den Tieren befriedigend akzeptiert wird und als Futter für die bestehende Zuchtkolonie eingesetzt werden kann und damit auch als Basis für die Versuchsdiäten geeignet ist. Diese Aufgabe

mußte gelöst sein, bevor die eigentlichen ernährungsphysiologischen Untersuchungen beginnen konnten.

Nach dem Veredelungsgrad der Ingredienzien werden Futtermischungen in verschiedene Kategorien eingeteilt. NEWBERNE und HAYES (1979) unterschieden drei Haupttypen, während HARRIS (1970) einen vierten mit einbezieht, der nachstehend als erster beschrieben ist.

Nach der Methode, naturbelassene Nahrungsmittel separat zu füttern, verfahren besonders Verhaltensforscher und Zoos. Es werden Frisch-und Trockenobst, Fleisch und eventuell Fisch, Eier, Reis oder Kartoffeln, Milchbrei, und wenn möglich auch Lebendfutter verabreicht. Diese Fütterung hat den Vorteil, sehr schmackhaft zu sein und den Tieren Abwechslung zu bieten, was nach EPPLE (1967) für die Lebhaftigkeit der Tiere bedeutend ist. Nachteile sind großer Zeitaufwand, hohe Kosten und die Gefahr eines Nährstoffmangels. Als Koloniediät und Versuchstierfutter ist diese Fütterungspraktik absolut ungeeignet.

Die billigste und am häufigsten angewandte Fütterungsmethode ist eine Diät, die aus natürlichen oder geringfügig veredelten Bestandteilen zusammengemischt und meist zu Pellets oder extrudierten "Keks" verarbeitet wird ("natural ingredient diet"). Die käuflichen Fertigfutter gehören dieser Kategorie an. Protein wird als Fleisch-oder Fischmehl, Sojaschrot oder Trockenmilchprodukt zugeführt; als Kohlenhydrat- und Rohfaserquelle dient Getreide in den verschiedenen Herstellungsformen. Der gewünschte Fettgehalt wird durch Zugabe von Pflanzenölen oder tierischem Fett erreicht. Vitamine und Mineralstoffe

werden noch zusätzlich eingemischt. In welchen Prozentanteilen die jeweiligen Komponenten im Fertigfutter vertreten sind, wird von den Firmen nicht angegeben ("closed formula diet"). Die Mischung variiert auch je nach Preis und Marktlage der Ingredienzien. In den meisten Krallenaffenhaltungen wird ein kommerzielles Futter dieser Art als Basisdiät verwendet und Obst in mehr oder weniger geringen Mengen zusätzlich gegeben. In manchen Kolonien wird das Fertigfutter noch mit beträchtlichen Mengen von Eiern, Gemüse, Milch, Mehlwürmern und dergleichen angereichert (HAMPTON et al., 1966; KING, 1975; STEVENSON, 1976; GENGOZIAN, 1978). Diese Fütterungsmethode gehört dann insgesamt eher der erstgenannten Kategorie an. Auch Katzendosenfutter wird manchmal zugefüttert (HOBBS et al., 1977; TURTON, 1978). Die Pellet- bzw. Extruderdiäten sind billig, praktisch und werden als relativ 'sicher' angesehen, da verschiedenartige Bestandteile als Nährstoffträger fungieren. Die Schmackhaftigkeit ist nicht immer zufriedenstellend. Bei den "closed formula diets" liegt der große Nachteil in der unbekannten und variierenden Zusammensetzung. "Open formula diets" für Krallenaffen sind noch nicht publiziert.

Eine Zwischenform bilden die "semi-natural diets" von bekannter Zusammensetzung aus gereinigten und auch unbearbeiteten Komponenten. Für Atherosklerosestudien bei verschiedenen Alt- und Neuweltaffen wurde solch eine Fütterungsform bereits erfolgreich eingesetzt (BULLOCK et al., 1975).

Für Ernährungsstudien und solche ernährungsbedingter Erkrankungen eignen sich besonders die "halbsynthetischen" Mischungen ("semipurified diets"), da die Bestandteile je nach Versuchszweck gut variiert werden können. Als Proteinquellen können Casein, Lactalbumin oder Sojaproteinisolate eingesetzt werden, Kohlenhydrate werden über Glukose, Saccharose, Dextrin oder Stärke und Fett über Schweineschmalz, Talg oder Pflanzenöle eingebracht. Als Rohfaserquelle kann Zellulose dienen. Vitamine und Mineralstoffe werden als chemisch reine Stoffe zugegeben. Die Diäten bestehen nur aus wenigen Komponenten. Zum Beispiel enthält das Testfutter für Marmosets von DREIZEN und LEVY (1969) 25% Casein, 40,6% Saccharose, 20% Maisstärke, 10% Maisöl und der Rest Mineralstoffe und Vitamine. Die "halbsynthetischen" Mischungen können zu allen möglichen Verabreichungsformen verarbeitet werden (fest, flüssig und auf Gelgrundlage).

Bei Krallenaffen konnte die bei dieser Diätart meist geringe Akzeptanz verbessert werden, wenn die Mischung in Form eines feuchten Agarkuchens angeboten wurde (HAYES, pers. Mitteilg., 1980). Neben der ungenügenden Schmackhaftigkeit sind als Nachteile noch höhere Kosten und Monotonie des Futters zu nennen. Außerdem können sich bei längerem Gebrauch Mangelerscheinungen bei den Tieren einstellen, da die Bedarfswerte nur lückenhaft vorliegen. Als langfristige Koloniekost ist dieser Diättyp vorerst nur bedingt geeignet. Für Versuchszwecke jedoch bietet er sich hervorragend an wegen seiner konstanten und bekannten Zusammensetzung, leichten Verdaulichkeit und geringen

Kontaminationsgefahr durch Chemikalien und Mikroorganismen.

Der vierte Diättyp, die "vollsynthetische" Mischung, ist aus chemisch reinen Substanzen zusammengestellt ("chemically defined diet"). Aminosäuren, Mono- oder Disaccharide, Glyceride bekannter Zusammensetzung, essentielle Fettsäuren und Vitamine und Mineralstoffe in reiner Form bilden die Komponenten. Solche Diäten sind nicht schmackhaft, außerdem teuer und für den generellen Gebrauch als Koloniediät technisch zu umständlich in der Fabrikation. Auch besteht die Gefahr einer eingeschränkten Verfügbarkeit durch Oxidation und Wechselwirkungen zwischen den Ingredienzien. HARRIS (1970) macht noch auf das Problem der Osmolarität aufmerksam und schreibt, daß diese Diäten nicht normales Wachstum erzeugen könnten, führt dafür aber kein Beispiel an. Diese Kostform wird man nur dann als Versuchsfutter einsetzen, wenn ganz strikte Kontrolle über bestimmte Nährstoffe nötig ist.

Wie aus den Ausführungen ersichtlich, bietet sich die "natural ingredient" oder die "semi-natural diet" für die aktuelle Problemlösung einer befriedigenden Koloniediät am besten an. Da sich die Krallenaffen bei Fertigfutter sehr wählerisch verhalten, stellt die Schmackhaftigkeit bislang noch ein großes generelles Problem dar. Innerhalb ernährungsphysiologisch vertretbarer Grenzen spielt daher die Akzeptanz die entscheidende Rolle, sofern es sich technologisch vereinbaren läßt. Der Rohproteingehalt der Mischung soll zwischen 20 und 25% liegen.

1.4.2. Eignung von Sojaproteinen im Vergleich zu Milchprotein

Besonders in der Labortierernährung finden Sojaprodukte eine breite Anwendung. Auch in kommerziellen Primatendiäten wird der Anteil des pflanzlichen Eiweißes hauptsächlich über Soja eingebracht. Es ist billiger als Protein tierischen Ursprungs und jederzeit erhältlich. Das hochwertige Milchprotein Casein bietet sich als Vergleichsprotein an, da mit ihm schon viele Erfahrungen in Ernährungsstudien gesammelt wurden und es in der Affenernährung, speziell auch in "halbsynthetischen" Mischungen für Neuweltaffen, schon lange und häufig verwendet wird.

Seit FITCH et al. (1964) festgestellt haben, daß bei einem Sojaproteinisolat die intestinale Eisenresorption bei Rhesusaffen gegenüber Casein vermindert war und die jugendlichen Versuchstiere innerhalb von sieben Monaten eine mikrozytäre, hypochrome Anämie entwickelten, war man gegenüber der Verwendung von Sojaprodukten in der Affenernährung verunsichert. Seit dieser Zeit hat sich aber die Technologie für diese Produkte verbessert und es sind viele Studien an Mensch und Tier durchgeführt worden, die nicht gegen einen Einsatz dieser Erzeugnisse in der Ernährung sprechen, wenn der Gehalt an schwefelhaltigen Aminosäuren, Calcium und Zink in der Mischung kontrolliert wird (siehe 2.4.2.).

Inwieweit sich verschiedenartig hergestellte und unterschiedlich proteinhaltige Sojaprodukte als Proteinquelle eignen - besonders im Hin-

blick auf die allgemeine Koloniediät - sollte im Vergleich mit Casein an Hand der scheinbaren Proteinverdaulichkeit, der Gewichtsveränderungen, der Akzeptanz, der grobsinnlichen Kotbeschaffenheit und des allgemeinen Zustandes der Tiere beurteilt werden. Damit waren die Möglichkeiten der Beurteilung erschöpft, denn eine Beeinträchtigung des Wohlbefindens der einer Zuchtkolonie angehörenden Versuchstiere war zu vermeiden.

2. LITERATURÜBERSICHT

2.1 Allgemeines zur Ernährung der Krallenaffen

Bis vor etwa 10 Jahren wurden Marmosets und Tamarins in der Literatur über Ernährungsforschung praktisch nicht erwähnt. Die meisten Publikationen im Bereich Ernährung nichtmenschlicher Primaten sind dem Rhesusaffen gewidmet. Wenn über den Ernährungsbedarf von Neuweltaffen berichtet wird, sind damit fast ausschließlich die Totenkopfaffen (Kapuzinerartige, Familie der Cebidae) gemeint, die nach den Makaken am meisten gebrauchte Primatenspezies in den USA.

Inwieweit man die für Totenkopfaffen ermittelten Bedarfswerte auf Krallenaffen übertragen kann, ist ungewiß. Immerhin gehören diese beiden Spezies zwei verschiedenen Familien an, sind also zoologisch gesehen etwa so miteinander verwandt wie Hund und Katze. Der Totenkopfaffe ist etwa doppelt so schwer und hat eine Lebenserwartung in Gefangenschaft bis zu 21 Jahren (NAPIER und NAPIER, 1967). Seine Nahrung im Freiland besteht zwar auch aus Früchten, Blüten, Nüssen, Samen und Insekten (THORINGTON, 1970; KERR, 1972), aber dieses Diätschema ist vielen Neuweltaffen gemein. Obwohl Totenkopfaffen durchaus auch die Rinde von Bäumen entfernen, um von ihr oder von der Kambiumschicht zu fressen, nehmen sie doch keinen Baumsaft bzw. Harz auf, der bei Krallenaffen ein bedeutender Nahrungsfaktor zu sein

scheint (COIMBRA-FILHO und MITTERMEIER, 1978). Die Geschmacksschwelle für Saccharose liegt bei Totenkopfaffen um eine 10-er Potenz unter, die für Chininhydrochlorid um mehr als eine 10-er Potenz über der für Tamarins (GLASER,1972a).

HAYES (pers. Mitteilg., 1980) füttert beide Spezies mit der gleichen, "halbsynthetischen", gelförmigen Versuchsdiät. Die kommerziellen Primatendiäten werden nur getrennt nach 15% bzw. 25% Rohproteingehalt angeboten, wobei letztere für Neuweltaffen gedacht sind.

Zwischen Krallen- und Totenkopfaffen scheinen aber doch Unterschiede im Stoffwechsel vorzuliegen. Ein Hinweis dafür ist z.B., daß bei frei in der Wildbahn lebenden Tieren Totenkopfaffen relativ häufig spontan an Atherosklerose erkranken, während dies bei Marmosets eine Rarität darstellt (DREIZEN et al., 1973).

In Ermangelung speziell für Krallenaffen gültiger Bedarfswerte ist man vorläufig noch darauf angewiesen, Werte von anderen Spezies zu übertragen. Dabei bietet sich der Totenkopfaffe als Naheliegender an, doch sollen prinzipiell auch andere Primaten einschließlich Mensch berücksichtigt werden.

2.2 Besonderheiten im Vitamin- und Mineralstoffbedarf

Nachdem STARE et al. 1963 zum ersten Mal bei Neuweltaffen die unterschiedliche Potenz von Vitamin D_2 und D_3 in der Osteomalazie-

prophylaxe beschrieben haben, bestätigten ein paar Jahre später mehrere Autoren die Beobachtung, daß bei verschiedenen Neuweltaffen, darunter auch Marmosets, Rachitis bzw. Osteomalazie entsteht, wenn in der Diät zwar reichlich Vitamin D_2, aber kein D_3 enthalten ist (HAMPTON et al., 1966; LEHNER et al., 1967; HUNT et al., 1967). Bevor man diese Eigenheit der Neuweltaffen entdeckt hatte, wurde das Vitamin D-Mangelsyndrom als "cage paralysis" bezeichnet (HOLMES et al., 1967). Wie hoch der tatsächliche Bedarf an Vitamin D_3 für laborgehaltene Neuweltaffen ist, steht noch nicht fest, jedoch sicher nicht so hoch wie oft praktiziert. Die Empfehlungen reichen von 600 IE (DREIZEN et al., 1973) bzw. 500 IE D_3 pro Marmoset und Tag (HAMPTON et al., 1966; KING, 1975) über 500 IE pro Tier und Woche (HUNT, 1967; GARCIA, 1976; MARTIN, 1978) bis auf etwa die Hälfte davon (KING, 1978). Für andere Neuweltaffen wie Totenkopf- und Kapuzineraffen werden zur Rachitisprophylaxe 1250 IE pro kg Futter als ausreichend angesehen (LEHNER et al., 1967; AUSMAN und HAYES, 1974), was bei einem Marmoset etwa 18 IE pro Tag entspräche. Bei allen diesen Dosierungen wurden keine nachteiligen Effekte beschrieben. Eine Vitamin D_3-Überdosierung, besonders wenn die Tiere ultravioletter Strahlung ausgesetzt sind, ist aber als eine mögliche Ursache für das "Wasting Marmoset Syndrome" (siehe 1.3.) im Gespräch. Sogar das gehäufte Auftreten von Drillings-und Vierlingsgeburten wurde von einem Autor mit einem Vitamin D_3-Überangebot in Verbindung gebracht (KING, 1976).

Auch der Bedarf an den anderen fettlöslichen Vitaminen kann bis jetzt nur aus der Erfahrung mit anderen Primatenspezies geschätzt werden.

Wie alle Primaten, außer den Halbaffen Spitzhörnchen und Plumplori (ELLIOT et al., 1963), sind auch die Krallenaffen auf die Zufuhr von Vitamin C angewiesen. Für Totenkopfaffen werden 10 mg pro kg Körpergewicht empfohlen, um Skorbut zu heilen (LEHNER et al., 1968). PORTMAN (1970) empfiehlt als Dauergabe mindestens 25 mg pro kg Körpergewicht für Affen.

Für Folsäure gibt PORTMAN (1970) einen täglichen Mindestbedarf von 40 mcg pro kg Körpergewicht an. DREIZEN und LEVY (1969) haben an Marmosets Versuche mit folsäurefreier Diät und teilweise noch zusätzlicher Verabreichung des Antagonisten Methotrexat durchgeführt. Die Tiere entwickelten Gewichtsverlust, Anämie, Leukopenie, Diarrhoe und Gingivitis. Den Kontrolltieren wurde die überhöhte Menge von täglich 100 mcg Folsäure gegeben. Neue Untersuchungsergebnisse bei Totenkopfaffen von RASMUSSEN et al. (1979) zeigen aber, daß zumindest für diese Spezies tatsächlich ein unerwartet hoher Bedarf vorzuliegen scheint. Bei den Versuchen mit Folsäureergänzung ließen sich günstige Einflüsse auf Körpergewicht, Blutwerte, Knochenmarksfunktion und besonders das Fortpflanzungsgeschehen wie höhere Geburtsgewichte erkennen. RASMUSSEN et al. empfehlen aufgrund dieser Beobachtungen für Totenkopfaffen eine tägliche Mindestzufuhr von 150 mcg pro kg Körpergewicht, was fast dem Vierfachen des bisher angenommenen Bedarfswertes entspricht.

Mit anderen wasserlöslichen Vitaminen wurde an Krallenaffen nicht gearbeitet.

Ein Calciumgehalt in der Nahrung von 0,5% scheint für alle Affenspezies angemessen zu sein (NICOLOSI und HUNT, 1979). Aus Erfahrungen mit Mineralstoffmischungen wird ein Phosphorgehalt von 0,3 bis 0,4% in der Diät empfohlen (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1978), wenngleich auch hierfür der Bedarf nicht experimentell ermittelt wurde. Es ist bemerkenswert, daß ANDERSON et al. (1977) bei langfristigen Versuchen an Kapuzineraffen mit einem Calcium : Phosphorverhältnis von 0,5 und 0,25 (absoluter Gehalt 0,95% Ca : 2,0% P und 0,3% Ca : 1,2% P) keine der bei anderen Spezies bekannten nachteiligen Effekte nachweisen konnte.

Aufgrund einer Arbeit von CHADWICK et al. (1979) ergeben sich Zweifel, ob der Bedarfswert für Totenkopfaffen von etwa 20 ppm Zink in der Diät (NICOLOSI und HUNT, 1979) auch für Krallenaffen gültig ist. CHADWICK et al. berichten, daß sich bei Fütterung einer käuflichen Diät mit 150 ppm Zink und mäßiger Obstzufütterung bei einigen Saguinus mystax-Tieren Alopezie sowie schuppige und verdickte Haut mit stellenweisen Ulzerationen entwickelt hat. Besonders betroffen waren Schwanz und Perineum. Die besten Heilerfolge erzielten die Autoren bei täglichem Zusatz von 40 ppm Zink im Trinkwasser. Die Plasmazinkwerte bei den offensichtlich einem Zinkmangel unterliegenden Tieren lagen gleich oder höher als die für Totenkopfaffen und Menschen beschriebenen Normalwerte. Das Auftreten der Mangel-

erscheinungen bei diesen Tieren trotz relativ hoher Zinkzufuhr kann nicht erklärt werden. Die Zusammensetzung des Futters, die vielleicht Aufschluß geben könnte, ist nicht angegeben.

Andere Mineralstoffe wurden entweder überhaupt nicht oder nur an Rhesus- oder Totenkopfaffen untersucht.

2.3 Proteinbedarf

In der Zusammenfassung von PORTMAN (1970) über die Bedarfswerte nichtmenschlicher Primaten werden zum Proteinbedarf der Krallenaffen überhaupt noch keine Angaben gemacht. Es wird nur als wahrscheinlich angesehen, daß einige Neuweltaffen wesentlich besser gedeihen, wenn sie mit einer sehr proteinreichen Diät gefüttert werden. Auch KERR (1972) kann nur berichten, daß kleinere Spezies als z.B. die Rhesusaffen einen höheren Proteinbedarf haben müssen aufgrund ihres höheren Energiebedarfs pro kg Körpergewicht. Selbst in der vom NATIONAL RESEARCH COUNCIL 1978 herausgegebenen umfassenden Zusammenstellung über bisherige Publikationen zum Nährstoffbedarf nichtmenschlicher Primaten ist bezüglich Proteinbedarf von Krallenaffen nur zu erfahren, daß Neuweltaffen bis zu 25% Protein in der Diät benötigten. Für andere Neuweltaffen wie Kapuziner- und Totenkopfaffen wird ein täglicher Bedarf von minimal 4 g hochwertigem Protein pro kg Körpergewicht bei ausgewachsenen und 5 bis 8 g pro kg Körpergewicht bei jungen Tieren angegeben. In der Übersicht von

NICOLOSI und HUNT (1979) wird auf den Proteinbedarf von Krallenaffen auch nicht eingegangen. Jedoch fällt in dieser Arbeit der Unterschied im Proteinbedarf zwischen den zwei Neuweltaffenspezies Kapuziner-und Totenkopfaffe auf. Der omnivore Kapuzineraffe ernährt sich in der Wildbahn nach dem gleichen Schema wie der Totenkopfaffe (THORINGTON, 1970). Trotzdem benötigt ein junger Kapuzineraffe zur Aufrechterhaltung seines Körpergewichts (nicht Wachstum!) bei Lactalbumin als Stickstoffquelle nur 2 g Protein pro kg Körpergewicht (SAMONDS und HEGSTED, 1973), ein junger Totenkopfaffe dagegen 3,4 g pro kg Körpergewicht (AUSMAN et al., 1979).

Da noch keine gesicherten Angaben über den quantitativen Proteinbedarf für Krallenaffen vorliegen, kann man sich nur auf Beobachtungen und Erfahrungen stützen und wählt sicherheitshalber den Weg der hohen Proteinzufuhr. Da die Tiere in der Wildbahn viele Insekten und Kleintiere fressen, hatte man erwartet, daß der Proteinbedarf bei ihnen hoch ist (GARCIA, 1976), was mittlerweile allgemein akzeptiert wird.

Vor 20 Jahren hat STELLAR (1960) festgestellt, daß Marmosets, die monatelang mit gemischter Frischkost ernährt worden waren, bei Umstellung der Diät auf einen proteinreichen Brei (24,5% in der Trockensubstanz) rapide an Gewicht zunahmen. STELLAR führte dies ursächlich auf den höheren Proteingehalt zurück. Auch DEINHARDT et al. (1967) beschrieben bei Krallenaffen einen günstigen Einfluß auf das Körpergewicht, wenn proteinreiches Futter, zusammen mit wenig Obst, verabreicht wird. Die kommerziellen Fertigfutter für Neuweltaffen sind

auf einen Rohproteingehalt von 20 bis 25% eingestellt, die Altwelt-affendiäten enthalten dagegen nur 15% Protein.

Der Proteingehalt wird oft in Prozent der Kalorien angegeben. Häufig ist dabei nicht zu ersehen, ob es sich um die Bruttoenergie oder die umsetzbare Energie handelt. Der minimale Proteinbedarf muß auch in enger Relation zum Grundumsatz betrachtet werden (PORTMAN, 1970; KING, 1975; BEATON, 1975). Nach MILLER (1973) ist eine ausreichend hohe Energieaufnahme für ein N-Gleichgewicht sogar entscheidender als die Proteinqualität und -quantität. Für die Krallenaffen wurde der Grundumsatz und Erhaltungsbedarf noch nicht ermittelt. KING (1978) benützt zwar den Wert 350 KJ pro kg Körpergewicht^{0,75}, der 20% über der Kleiber'schen Formel liegt; doch basiert diese Angabe auf persönlichen Mitteilungen, und es wird nicht erwähnt, wie und wann dieser Wert ermittelt wurde. Für Totenkopfaffen geben NICOLOSI und HUNT (1979) einen Energiebedarf von 300 bis 600 kcal pro kg Körpergewicht bei jungen und 100 bis 300 kcal pro kg Körpergewicht bei ausgewachsenen Tieren an. Den Grundumsatz für Totenkopfaffen zitieren GALLINA und AUSMAN (1979) mit 107 kcal pro kg Körpergewicht pro 24 Stunden.

Warum die Krallenaffen einen hohen Eiweißanteil in ihrer Nahrung benötigen, kann noch nicht erklärt werden. Unter Umständen liegt ein vergleichbarer Fall wie bei Totenkopfaffen vor, bei denen erst vor kurzem festgestellt wurde, daß hochwertige Proteine nur zu einem geringen Teil verwertet werden können. AUSMAN et al. (1979) haben an

jungen Totenkopf- und Rhesusaffen Untersuchungen über den Bedarf an und die Verwertbarkeit von Lactalbumin, Casein und Sojaproteinisolat durchgeführt. Die Proteine wurden in verschiedenen, immer unter dem Wachstumsoptimum liegenden Konzentrationen als einzige Stickstoffquelle eingesetzt und die isokalorischen Diäten ad libitum verfüttert. Aus der Regression von Proteinaufnahme zu Körpergewichtsänderung wurde auf den Erhaltungsbedarf geschlossen. Die Steigung der Regressionsgeraden, muliplizierт mit dem Gesamtproteingehalt des Tierkörpers (20,6% beim jungen Totenkopfaffen) wurde als Wirkungsgrad der Proteinverwertung für das Wachstum angegeben. Der Erhaltungsbedarf für Lactalbumin, Casein und Sojaproteinisolat errechnete sich auf 3,43, 3,63 und 7,96 g pro kg Körpergewicht beim Totenkopfaffen. Der für das Wachstum nutzbare Anteil der Proteine betrug 27,8, 32,1 und 22,2%. Zum Vergleich: Lactalbumin wird von jungen Rhesus-und Kapuzineraffen und vom erwachsenen Menschen zu etwa 65% genutzt, von sehr jungen Ratten sogar zu über 90%.

Eine zu geringe Verdaulichkeit der Proteine als Ursache für die auffallend schlechte Verwertbarkeit kann ausgeschlossen werden. Die scheinbare Proteinverdaulichkeit, mit Polyäthylenglykol als Indikator durchgeführt, lag bei 88%. Mit einer Verlängerung des Futterangebots auf 24 Stunden pro Tag konnte keine signifikante Erhöhung der Gewichtszunahmen und damit der Verwertbarkeit des Proteins erreicht werden. Somit hat sich die Vermutung nicht bestätigt, daß bei diesen Tieren, mit einem 4 bis 5-fach höheren Grundumsatz als der Mensch, in

der nächtlichen Fastenperiode Muskeleiweiß zur Energiegewinnung abgebaut wird. Auch der zur Berechnung der Verwertbarkeit eingesetzte Körperproteinanteil konnte bestätigt werden, da der Stickstoff-, Wasser- und Fettgehalt der Körpermasse bei Kontrolltieren genauso hoch war wie bei jenen, die eine Diät mit eingeschränktem Proteingehalt verzehrt hatten. Die Ergänzung der Caseindiät mit den für Ratten limitierenden Aminosäuren Methionin und Cystein brachte keine verbesserte Effizienz. Außerdem ist zu bedenken, daß bei dem Verzehr bedarfsdeckender Proteinkonzentrationen die Verwertung des Proteins eher geringer ist, als dies unter den Bedingungen der proteinrestriktiven Versuchsfütterung ermittelt wurde (HARPER, 1973).

Da über den qualitativen Protein-, sprich Aminosäurenbedarf der Neuweltaffen nichts bekannt ist, könnte eine mögliche Ursache für diese Versuchsergebnisse bei den Totenkopfaffen in dem Bedarf an einer speziellen Aminosäure liegen, vergleichbar dem Taurin-(HAYES et al., 1975) und bedingten Argininbedarf (ROGERS und MORRIS, 1980) der Katze. Das würde den geringen Wirkungsgrad der Proteinverwertung verständlich machen. Allerdings betrug die durchschnittliche Kalorienaufnahme pro kg Körpergewicht bei den Versuchstieren von AUSMAN et al. bei Lactalbumin und Casein etwa 8% und bei Sojaproteinisolat 11,6% weniger als bei den Kontrolltieren.

Die ermittelte geringe Effizienz von wertvollen Proteinen bei Totenkopfaffen kann noch nicht erklärt werden. Ob dieser Sachverhalt auch für Krallenaffen zutrifft, ist nicht theoretisch abzuhandeln. Zumindest

besteht die Möglichkeit, daß der vermutete hohe Proteinbedarf dieser Tiere dadurch bedingt ist, daß als hochwertig angesehene Proteine nur zu einem geringen Teil vom Körper genutzt werden können, was immer der Grund dafür sein mag.

2.4 Testproteinquellen

2.4.1. Casein

Casein wird sehr häufig als Eiweißquelle in "halbsynthetischen" Mischungen eingesetzt (z.B. MANN et al., 1953; DREIZEN et al., 1973; NAVIA, 1970; NEWBERNE und HAYES, 1979; AUSMAN und GALLINA, 1979; MC.LAUGHLAN, 1979; BERGNER et al., 1980) um entweder als Vergleichsprotein zu dienen oder als hochwertiger Eiweißlieferant, wenn das Nahrungsprotein keine experimentelle Variable darstellt. Es wird durch Einwirkung geringer Mengen Säure aus Kuhmilch gewonnen, im Sprühverfahren getrocknet und enthält 96% Protein in der Trockensubstanz ("Säurekasein Edible", Fa. Meggle) mit einem zumindest für Ratten limitierenden Anteil an schwefelhaltigen Aminosäuren. Seine Verdaulichkeit ist sehr hoch, z.B. beträgt bei wachsenden Schweinen die scheinbare Proteinverdaulichkeit etwa 93% (BURACZEWSKI, 1980) und bei jungen Totenkopfaffen 88% (AUSMAN et al., 1979).

2.4.2. Sojaprodukte

Die Sojabohne wird zu verschiedenen Produkten verarbeitet. In Tabelle 3 ist die Zusammensetzung der gebräuchlichsten Erzeugnisse aufgeführt.

2.4.2.1. Herstellung und Verwendung

Die gereinigten Sojabohnen werden zerkleinert, enthülst und zu Flocken gepreßt. Zur Ölextraktion läßt man n-Hexan einwirken, das dann in einem Arbeitsgang mit dem "Toasten" (bei 110° C) verdampft wird. Durch diese feuchte Hitzebehandlung werden schädliche Inhaltsstoffe teilweise zerstört und die Proteinverwertung gesteigert. Das entstandene Sojaschrot kann so bzw. fein gemahlen verwendet oder weiterverarbeitet werden.

Zur Herstellung eines Sojaproteinkonzentrates werden die wasserlöslichen Kohlenhydrate wie Saccharose, Raffinose und Stachyose und andere niedermolekulare Bestandteile herausgelöst. Damit das Protein nicht mit herausgespült wird, muß es fixiert werden. Die beste Möglichkeit ist, das Schrot in verdünnter Säure am isoelektrischen Punkt des Sojaproteins (pH = 4,5) zu wässern. Anschließend wird die "Molke" abzentrifugiert. Bei dieser Methode resultiert ein sehr gut lösliches Protein, im Gegensatz zu den weiteren zwei Möglichkeiten der Proteinfixation, nämlich Auslaugen in verdünntem Alkohol und feuchte Hitzebehandlung mit anschließendem Auslaugen in Wasser. Die in dem

TABELLE 3

Typische Zusammensetzung von Sojabohnen und deren Produkte in der Trockensubstanz

(nach WAGGLE und KOLAR, 1979)

	Protein %	Fett %	Kohlenhydrate %	Asche %	Rohfaser %
ganze Sojabohne	42	20	29,5	5	5,5
Sojaschrot	54	1	34,5	6	3,5
Sojaprotein-konzentrat	70	1	20,5	5	3,5
isoliertes Sojaprotein	92	0,5	2	4,5	0,5

Proteinkonzentrat verbliebenen Kohlenhydrate im weiteren Sinne sind hauptsächlich Pektine, Hemizellulose und Zellulose.

Das isolierte Sojaprotein wird auf eine andere Weise gewonnen. Im ersten Arbeitsgang wird vor allem Protein durch Wässern des Sojaschrotes herausgelöst. Die unlöslichen Kohlenhydrate und die Rohfaser werden durch Zentrifugieren abgetrennt. Anschließend wird das Protein, hauptsächlich Globulin, präzipitiert und der so entstandene "Sojaproteinquark" gewaschen, um die löslichen Kohlenhydrate sowie Geschmacks- und Farbstoffe zu entfernen. Das hochkonzentrierte Sojaproteinisolat wird dann sprühgetrocknet oder, je nach Verwendungszweck, noch speziellen Behandlungen unterworfen.

Seine besonderen Eigenschaften wie Emulgierfähigkeit, Fett-und Wasserbindungsvermögen, Gelbildung und verschiedenartige Strukturierfähigkeit erlauben eine breit gefächerte Anwendung, sowohl unter Ausnutzung seiner physikalischen Merkmale wie auch als hochprozentige Proteinquelle. So ersetzt es in vielerlei Fleisch- und Fischprodukten bis zu 75% das tierische Protein oder es wird als fleischanaloges Erzeugnis angeboten. Auch in Milch- und Backwaren, in der Säuglingsernährung, Krankenkost und in Milchaustauschern wird das isolierte Sojaprotein verwendet. Für einige dieser Anwendungsbereiche wird auch das Sojaproteinkonzentrat eingesetzt, jedoch in weit geringerem Umfang.

2.4.2.2. Den Nährwert beeinflussende Eigenschaften

Mit ihrem Gehalt an Lysin stellen Sojaprodukte eine gute Ergänzung zu Getreideerzeugnissen dar. Der Anteil an Methionin und Cystein liegt unter dem von der FAO/WHO (1973) für Menschen empfohlenen Niveau, wenngleich der dort angegebene Bedarf auch angezweifelt wird (HARPER, 1979). Bei Ratten steigt die biologische Wertigkeit, wenn Sojaprotein mit Methionin ergänzt wird (z.B. HUANG et al., 1980). Studien an jungen Männern ergaben, daß bei gleicher N-Aufnahme bei einem Sojaproteinisolat mit Methioninergänzung eine höhere N-Retention als bei dem Nichtergänzten erfolgte (ZEZULKA und CALLOWAY, 1979). Bei Säuglingen wurden keine Unterschiede bezüglich Längen- und Gewichtszunahme, N-Retention und Serumalbuminkonzentration festgestellt, jedoch war der Harnstickstoffgehalt im Serum bei den mit methioninergänztem Sojaproteinisolat ernährten Kindern signifikant niedriger, was auf eine Verbesserung der Proteinqualität durch die Ergänzung schließen läßt (FOMON und ZIEGLER, 1979). Nach ALTSCHUL (1979) rechtfertigen die bis jetzt vorliegenden Ergebnisse noch nicht die Forderung nach Methioninergänzung von Sojaproteinen beim Menschen. SCRIMSHAW und YOUNG (1979) schließen aus verschiedenen Untersuchungsergebnissen am Menschen, daß eine Ergänzung dann eine verbesserte Proteinverwertung bringt, wenn die N-Aufnahme unter dem Bedarfsniveau liegt. Auch haben sie festgestellt, daß am erwachsenen Menschen bei bedarfsdeckendem Proteingehalt (0,6 g Protein pro kg pro Tag) Rindfleisch vollständig durch ein Sojaproteinisolat ersetzt werden kann.

Wenn bei Kapuziner- und Totenkopfaffen Sojaprotein statt eines anderen hochwertigen Proteins eingesetzt wird, verdoppelt sich angeblich der in "% der Kalorien" ausgedrückte Bedarf an Protein (SAMONS und HEGSTED, 1973). Auch AUSMAN et al. (1979) geben für Totenkopfaffen bei Sojaproteinisolat als einzige Stickstoffquelle einen mehr als doppelt so hohen Bedarf an als bei Casein oder Lactalbumin (siehe 2.3.). Eine Methioninergänzung wurde bei diesen Versuchen nicht durchgeführt.

Es ist schon lange bekannt, daß in rohen Sojabohnen wachstumshemmende Substanzen enthalten sind. Trypsininhibitoren werden zum größten Teil für die Wachstumsdepression verantwortlich gemacht. Diese Proteine verbinden sich mit Proteasen, hauptsächlich Trypsin, zu einem inaktiven Komplex. Dadurch wird der Feedbackmechanismus gehemmt und weiterhin Trypsin sezerniert, was langfristig zu einer reversiblen Pankreashypertrophie führt. Die Trypsininhibitoraktivität wird durch kontrollierte Hitzeeinwirkung ("Toasten") weitgehend reduziert. ANDERSON et al. (1979) geben eine Restaktivität für Sojaproteinkonzentrate und -isolate zwischen 9 und 27% an, während LIENER und KAKADE (1980) von etwa 10% bei allen Sojaprodukten sprechen. Die genannten Autoren sind der Meinung, daß die restliche Trypsininhibitoraktivität für die menschliche Ernährung ohne Bedeutung sein dürfte, da auch in vielen anderen Pflanzen und Gemüsen und auch in tierischem Gewebe Trypsininhibitoren enthalten sind und bei Ratten bereits bei einer Trypsininhibitorzerstörung von 80% ein maximaler PER-Wert ("protein efficiency ratio") erreicht wurde.

Die in der rohen Sojabohne enthaltenen Hämagglutinine, etwa 1 - 3 % in entfettetem Sojamehl, werden durch "Toasten" und durch Magensäure und Pepsin in vitro weitgehend zerstört. AUSMAN et al. (1977) beschreiben aber, daß junge Totenkopfaffen eine akute Anämie entwickelten, wenn sie mit isoliertem Sojaprotein in einer weit unter dem Proteinbedarf liegenden Menge gefüttert wurden. Bei jugendlichen Tieren war dieser Effekt nicht mehr zu beobachten.

Goiterogene (kropfbildende) Faktoren, die in roher Sojabohne in geringer Menge enthalten sind und durch Hitze weitgehend zerstört werden, und östrogenartig wirkende Substanzen, hauptsächlich Genistin, scheinen wegen des geringen Gehalts nicht von praktischer Bedeutung zu sein (ANDERSON et al., 1979; LIENER, 1973).

Einzelne Fälle von allergischen Reaktionen beim Menschen gegen Sojaprodukte sind beschrieben. Jedoch zeigten sich in umfangreichen Studien an Kindern, die mit Babynahrung auf Soja- bzw. Kuhmilchbasis ernährt wurden, mehr Fälle von Allergieentstehung bei Kuhmilch- als bei Sojafütterung (ANDERSON et al., 1979). Milchkälber zeigten nach mehrmaliger Verfütterung von Sojaschrot und isoliertem Sojaprotein eine veränderte Magen-Darmmotorik, und Antikörper gegen Soja konnten nachgewiesen werden (SMITH et al., 1970; SMITH und WYNN, 1971; VAN ADDRICHEM, 1967). Dagegen scheint Sojaproteinkonzentrat keine allergischen Reaktionen hervorzurufen (SMITH und SISSONS, 1975). Offensichtlich wirken sich die verschiedenen Herstellungsformen von Sojaprodukten auf den Antigengehalt aus. Es bleibt die Frage bestehen,

ob die alimentäre Sensibilisierung auch bei älteren Tieren und bei anderen Spezies auftritt.

Wie bei anderen pflanzlichen Produkten ist auch bei Soja im Vergleich zu tierischen Erzeugnissen die Verfügbarkeit von bestimmten Mineralstoffen eingeschränkt. Von besonderer Bedeutung ist hierbei das Zink. Aus Untersuchungen an Ratten und Küken geht hervor, daß bei Sojaproteinisolatverfütterung ein hoher Zinkgehalt in der Diät nötig ist, um gleiches Wachstum wie bei der Caseindiät zu erzielen (O'DELL et al., 1972). Die eingeschränkte Verfügbarkeit führt man größtenteils auf den Phytatgehalt in Soja zurück, da die Zugabe von isoliertem Phytat zu anderen Diäten auch die Zinkresorption hemmt. Sojaprodukte enthalten etwa 1 - 1,5% Phytat. Calcium ist in Soja mit nur 0,2 - 0,3 % enthalten. Ein überschüssiger Calcium-Gehalt in der Nahrung verschlechtert die Zinkresorption, da sich Calcium, Zink und Phytat zu einem unlöslichen Komplex formieren (O'DELL, 1979). In der Diskussion zu O'DELL (1979) weist RACKIS darauf hin, daß je nach Herstellungsprozeß die Verfügbarkeit von Zink sehr unterschiedlich sein kann trotz gleichem Phytatgehalt.

Über die herabgesetzte Verfügbarkeit weiterer Minerale wie Eisen, Magnesium und Kupfer bei sojahaltiger Kost gibt es nicht ausreichende Information. FITCH et al. (1964) beschreibt eine verminderte Resorption von Eisen bei Sojaproteinisolatverabreichung im Vergleich zu Casein (siehe 1.4.2.), während STEINKE und HOPKINS (1978) für Sojaproteinisolat bei Ratten eine für ein pflanzliches Produkt relativ hohe Verfügbarkeit des reichlich enthaltenen Eisens feststellte.

3. EIGENE UNTERSUCHUNGEN

3.1 Koloniediät

3.1.1 Entwicklung der Diät

Alle in Tabelle 4a und 4b aufgeführten Futtermischungen wurden zu Pellets* mit 5 mm Durchmesser verarbeitet. Für diese Verabreichungsform spricht, daß die Affen die Pellets gut greifen können, wenig Zeitaufwand bei der täglichen Fütterung erforderlich ist und das einmal gemischte Futter einige Zeit haltbar ist.

Die verschiedenen Diäten wurden nacheinander in der angegebenen Reihenfolge (I - XI) an alle Tiere der Kolonie, bestehend aus fünf verschiedenen Krallenaffenspezies, mindestens eine Woche lang verfüttert. Eigene Beobachtungen (ab Diät III) und die engagierte Mithilfe der Tierpfleger ermöglichten Akzeptanzvergleiche aufgrund von Verzehrsschätzung. Eine objektive Quantifizierung fand nicht statt. Die Unterschiede in der Futteraufnahme waren aber in den meisten Fällen sehr deutlich. Alle Diäten wurden außerdem von verschiedenen Personen geschmacklich getestet.

*Die Herstellung der Mischungen und die Pelletierung wurde im Institut für Physiologie, Physiologische Chemie und Ernährungsphysiologie der Tierärztlichen Fakultät der Universität München durchgeführt.

TABELLE 4a

Zusammenstellung der getesteten Futtermischungen

Komponenten in Prozent	I	II	III	IV	V	VI
Maisquellmehl	25,0	15,0	20,0	19,79	16,8	12,7
Weizenquellmehl	10,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0
Haferflocken	10,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0
Saccharose	5,0	15,0	5,0	7,0	10,0	16,0
Na-Saccharat	—	—	—	0,01	—	—
Maltosesirup	—	4,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Bananenpulver	6,0	10,0	7,0	—	—	—
Casein 87 % RP	6,0	6,0	8,0	10,0	10,0	8,0
Magermilchpulver 35 % RP	8,0	8,0	3,0	3,0	3,0	6,0
past. Eidotterpulver 32 % RP	—	—	—	—	—	5,0
Sojaproteinkonzentrat 66 % RP	15,0	—	12,0	15,0	15,0	5,0
Grünmehl 17 % RP	3,0	—	—	—	—	2,0
Bierhefe in Molkenprot. 35 % RP	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Fettkonzentrat 40 % auf Magermilch	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Sojaöl	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Ca-Propionat	—	—	—	0,2	0,2	0,3
Minerale und Vitamine*	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

*Diese 2,5 % bestehen aus:
1 % $CaHPO_4 \times 2H_2O$
0,5% $CaCO_3$
0,2% NaCl
0,6% Vitaminvormischung
0,1% Ascorbinsäure
0,1% Spurenelementvormischung

TABELLE 4b

Zusammenstellung der getesteten Futtermischungen

Komponenten in Prozent	VII	VIII	IX	X	XI
Maisschrot mittelfein	14,8	12,3	14,3	15,77[1]	15,45
Weizenquellmehl	8,0	10,0	10,0	10,0	12,0
Speisehaferflocken	20,0	20,0	15,0	15,0	15,0
Saccharose	15,0	15,0	15,0	16,0	16,0
Maltosesirup	2,0	3,0	2,0	–	–
Bananenpulver	10,0	–	–	–	–
Bananenaroma natürlich	–	1,5	1,5	(0,03)[2]	1,5
Casein 87 % RP	6,0	7,0	5,0	5,0	4,0
Magermilchpulver 35 % RP	8,0	8,0	8,0	8,0	–
past. Eidotterpulver 32 % RP	2,0	4,0	–	–	–
Molkenproteinkonzentrat 65 % RP	–	–	–	–	6,0
Sojaproteinkonzentrat 66 % RP	–	5,0	14,0	14,0	10,0
Sojaschrot 44 % RP	–	–	–	–	5,0
Grünmehl 17 % RP	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Bierhefe in Molkenprotein 35 % RP	2,5	2,5	2,5	2,5	2,0[3]
DL-Methionin	–	–	–	–	0,3
Fettkonzentrat 40 % auf Magermilch	5,0	5,0	6,0	7,0	6,0
Sojaöl	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Ca-Propionat	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Minerale und Vitamine*	2,5	2,5	2,5	2,5	2,55[4]
	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

1) davon 5 % Maisbruch
2) künstliches Bananenaroma
3) entbitterte Bierhefe ohne Molkenprotein
4) zusätzlich 0,05 % Ascorbinsäure

Die Vitaminvormischung (auf Sojafeinmehl) enthält in 6 g (=pro kg der fertigen Mischung):

Retinol (30.000 IE Vitamin A)	9,0	mg
Cholecalciferol (2640 IE Vit. D_3)	66	mcg
-DL-Tocopherolacetat (72 IE Vit. E)	72	mg
Menadion	2,4	mg
Thiamin	10,8	mg
Riboflavin	14,4	mg
Pyridoxin	6,0	mg
Cobalamin	60	mcg
Biotin	180	mcg
Folsäure	360	mcg
Ca-Pantothenat	36	mg
Nicotinsäure	108	mg
Cholin	900	mg
Ascorbinsäure	1180	mg

Die Spurenelementvormischung (auf Maisstärke) enthält in 1 g (= pro kg der fertigen Mischung):

Fe (aus Eisenfumarat)	100	mg
Zn (aus Zinkacetat x $2H_2O$)	80	mg
Mn (aus Mangansulfat x H_2O)	80	mg
Cu (aus Kupferacetat x H_2O)	12	mg
J (aus Kaliumjodid)	2,5	mg
Co (aus Cobaltsulfat x $7H_2O$)	1	mg
Se (aus Natriumselenit x $5H_2O$)	0,5	mg
F (aus Natriumfluorid)	5	mg
Mg (aus Magnesiumoxid)	70	mg

Die erste Mischung mit einem Rohproteingehalt von 25 % wurde von den Tieren nur zögernd angenommen. Um zu erfahren, ob der Grund für die geringe Akzeptanz in der Pelletform als solcher lag, wurde die Rezeptur auf einen süßen und fruchtigen Geschmack hin verändert. Die bezüglich der Schmackhaftigkeit ungewissen Komponenten Sojaproteinkonzentrat und Grünmehl wurden ersatzlos gestrichen. Der Rohproteingehalt der Diät II sank dadurch auf 15 %.

Diesem Futter II war bezüglich der Akzeptanz ein durchschlagender Erfolg beschieden, der von keiner der nachfolgenden Mischungen mehr erreicht wurde. Allerdings erwies sich diese Zusammensetzung aufgrund des hohen Zucker- und Bananenpulvergehalts als nahezu unpelletierbar. Durch die beim Pressen entstehende Wärme schmolzen die Komponenten zu einem harten Klumpen zusammen. Der hohe Anteil an den Quellmehlen trug zu diesem Geschehen unterstützend bei.

Die nächste Rezeptur wurde wieder Diät I angeglichen, sollte aber süßer sein. Der Verzehr sank jedoch wieder deutlich ab. Zudem hinterließ das Futter ebenso wie Diät I bei allen Testpersonen einen aufdringlichen bitteren Nachgeschmack. Die Geschmacksschwelle für Bitterstoffe, getestet mit Chininhydrochlorid, ist beim Menschen zwar um $1/_{50}$ niedriger als bei Tamarins, doch lehnen diese Tiere einen für sie erkennbar bitteren Geschmack eindeutig ab (GLASER, 1972a). Der bittere Geschmack im Futter wurde durch das dem Schimmelbefall vorbeugende Calciumpropionat, das ab der nächsten Mischung zugefügt

wurde, noch verstärkt. Die Zugabe dieser Substanz ist notwendig, da beim Pelletierprozeß mit geringen Mengen Wasser gearbeitet wird.

Bei Diät IV wurde versucht, mit künstlichem Süßstoff zusätzlich zum Zucker soviel Süße einzubringen, daß das den Pelletierprozeß störende Bananenpulver weggelassen werden konnte. Die von GLASER (1972b) bereits beschriebene Abneigung der Tamarins gegen Saccharin bestätigte sich hier sehr deutlich: die Diät wurde von allen Tieren abgelehnt.

Die nächsten beiden Mischungen, V und VI, enthielten immer noch eine den süßen Anteil überdauernde bittere Komponente, auf die die verschiedenen Spezies allerdings unterschiedlich reagierten. Während Saguinus labiatus diese Diäten fast überhaupt nicht gefressen hatte, zeigte S. fuscicollis eine annähernd befriedigende Akzeptanz. Trotz des wohlschmeckenden Eidotterpulvers und hohen Zuckergehaltes war der Verzehr insgesamt ungenügend. Die Rezeptur mußte auch wegen noch bestehender technologischer Schwierigkeiten geändert werden.

Seit Beginn der Pelletfütterung waren bereits drei Monate verstrichen. Mit Ausnahme der Spezies S. fuscicollis hatten sich die meisten Tiere in der Zwischenzeit mehr von Obst als von Pellets ernährt. Eine allgemein befriedigend akzeptierte Diät war also dringend nötig.

Die Rezeptur für Diät VII orientierte sich darum an der Mischung II, die so hervorragend akzeptiert wurde. Um deren äußerst schlechte Pelletierbarkeit zu verbessern, wurden unter anderem die Quellmehle fast ganz durch mittelfeines Maisschrot und einen erhöhten Haferflocken-

anteil ersetzt. Die technologischen Probleme waren damit noch nicht ganz gelöst, doch war die Verarbeitung größerer Mengen möglich. Statt der üblichen Futterhaferflocken wurden die für menschlichen Verzehr bestimmten Speisehaferflocken verwendet. Damit war die Hauptquelle des bitteren Geschmacks beseitigt. Der Rohproteingehalt dieser Mischung betrug wiederum nur 15 %. Erwartungsgemäß wurde dieses Futter allgemein sehr gut angenommen. Damit war es auch möglich geworden, die ganze Kolonie via Pellet zu entwurmen. Die Vorversuchsdiäten (siehe 3.2.1.1.) entsprachen mit Ausnahme der Proteinquellen dieser Mischung VII.

Zwei Monate lang wurde dieses Futter erfolgreich als Koloniediät eingesetzt. Die Weiterführung scheiterte daran, daß das Bananenpulver aus einer einmaligen Testproduktion stammte und nicht mehr erhältlich war. Der Bananengeschmack sollte aber beibehalten werden. Ein natürliches Bananenfruchtaroma, das besonders zur Speiseeisherstellung und für Milchmixgetränke verwendet wird, hat sich in Diät VIII gut eingeführt. Mit den durch diese Umstellung gewonnenen Prozentanteilen ließ sich der Rohproteingehalt wieder anheben.

Da sich bei den Vorversuchen (siehe 3.2.2.1.) für das Sojaproteinkonzentrat, besonders bei S. labiatus, ein günstiger Verzehr ergab und es als Proteinträger hochwertig ist, wurde sein Anteil stark erhöht. Der Rohproteingehalt der Diät IX stieg dadurch auf knapp 24 %. Diese Futtermischung wurde zwei Monate lang bei guter Akzeptanz beibehalten.

Mit Mischung X wurde getestet, ob sich das natürliche Bananenaroma gegen ein künstliches Aroma ohne Akzeptanzeinbußen austauschen läßt. Die Tiere zeigten aber eine deutliche Abneigung gegen den nach menschlichem Ermessen "künstlichen" Geschmack. Bei dieser einmaligen Mischung wurde außerdem ein Teil des Maisschrotes durch den gröberen Maisbruch ersetzt, was sich aber nicht bewährt hat. Erstens brachen die Pellets in kleinere Stücke und zweitens haben die Affen die groben Maisteile nicht verzehrt. Der Maltosesirup wurde aus praktischen Gründen aus der Rezeptur gestrichen.

Die Mischung XI wird seit acht Monaten als Koloniediät gefüttert (Stand November 1980). Ein neu entwickeltes Molkenproteinkonzentrat ersetzt das Magermilchpulver. DL-Methionin wird mit etwa 2 % des Rohproteingehaltes von Soja- und Milchprodukten ergänzt. Da sich für die "heikleren" Tiere der Spezies S. labiatus im Hauptversuch (siehe 3.2.2.1) eine gute Akzeptanz für Sojaschrot ergab, wurde es neu in die Rezeptur aufgenommen. Es trägt außerdem dazu bei, daß sich die Mischung gut pelletieren läßt.

Die wichtigsten Nährstoffgehalte der Mischung XI sind in Tabelle 5 angegeben. Die Zufuhr von Vitamin D_3 und Ascorbinsäure ist als ausreichend anzusehen (siehe 2.1.). In Anbetracht der neuen Forschungsergebnisse von RASMUSSEN et al. (1979) (siehe 2.1.) fällt der niedrige Folsäuregehalt in der Diät auf. Eine Erhöhung ist vorgesehen. Der Zinkgehalt liegt weit über dem von NICOLOSI und HUNT (1979) für Totenkopfaffen empfohlenen Wert von 20 ppm.

TABELLE 5

Einige wichtige Nährstoffgehalte in Mischung XI

Nährstoff	% in der Diät bzw. Gehalt pro kg Futter	
umsetzbare Energie*	3400	kcal
Rohprotein	23,5	%
Rohfett	6,7	%+
Rohfaser	3,6	%
Calcium	0,64	%
Phosphor	0,56	%
Zink	90	ppm
Vitamin A	41 230	IE+
Vitamin D_3	2 640	IE+
Vitamin E	81	IE+
Ascorbinsäure	1 680	mg+
Folsäure	780	mcg+

* Schätzwert nach verdaulichen Rohnährstoffen

\+ berechnet nach tabellarischen Zusammenstellungen

Die übrigen Angaben basieren auf Analysen aus dem Institut für Physiologie, Physiologische Chemie und Ernährungsphysiologie der Tierärztlichen Fakultät München.

Die Pellets stehen den Tieren ad libitum zur Verfügung. Paare mit Jungtieren bis zu etwa sechs Monaten und einige Tiere, die wegen eines lückenhaften Gebisses Schwierigkeiten beim Kauen der Pellets haben, bekommen täglich zusätzlich einen Babybrei mit 13,5 % Rohprotein in der Trockensubstanz angeboten. Alle Tiere erhalten jeden Nachmittag etwa 25 g Banane.

3.1.2. Versuch mit Zinksubstitution

Da auch in der hiesigen Kolonie mehrere Tiere Haarverlust an der Schwanzwurzel und/oder einen insgesamt dünnbehaarten Schwanz aufweisen, sollte die durch CHADWICK et al. (1979) (siehe 2.1.) angeregte Möglichkeit, dies durch Zinksubstitution beheben zu können, nicht unversucht bleiben. Allerdings zeigte keines der betroffenen Tiere so schwere Veränderungen wie in dieser Arbeit beschrieben wurde.

Die Substitution wurde über das Trinkwasser vorgenommen, dessen Zinkgehalt 40 ppm betragen sollte. Fünf Monate lang wurde an jedem Werktag eine konzentrierte Zinksulfatlösung im Verhältnis 1:100 in die Tränkeflaschen gegeben. Das Konzentrat war auf 4 g Zink pro Liter eingestellt (17,59 g $ZnSO_4 \times 7\ H_2O$ pro Liter). Zu Beginn des Versuchs wurden die Haarverluste einiger Tiere so gut als möglich protokolliert und nach Beendigung der Substitution eine eventuelle Veränderung abgeschätzt. Fotografien wurden nicht angefertigt.

Von den je sieben Versuchstieren bei C. jacchus und S. fuscicollis (je drei Kontrolltiere ohne Substitution) zeigte sich nur bei je einem Tier pro Spezies eine deutliche, in jeweils zwei weiteren Fällen eine mäßige Besserung der Behaarung. Allerdings verbesserte sich auch bei je einem Kontrolltier der Zustand geringfügig. Von den vier S. labiatus-Versuchstieren war bei einem eine leichte Besserung, bei einem anderen eine Verschlechterung eingetreten. Bei dem getesteten S. mystax-Paar verbesserte sich der Zustand nur bei dem geringfügig betroffenen Tier.

Die Frage, ob ein Zusammenhang zwischen den meist geringfügigen Verbesserungen und der Zinksubstitution besteht, kann nicht sicher mit ja beantwortet werden. Der insgesamt von den Tieren aufgenommene Zinkgehalt war zwar nicht so hoch wie von CHADWICK et al. beschrieben, doch hätten gerade die stärker betroffenen Tiere nach dieser langen Zeit eine erkennbare Reaktion zeigen müssen.

Eine starke Verwurmung als Ursache für die haarlosen Stellen am Schwanzansatz kann aufgrund routinemäßig durchgeführter parasitologischer Kotuntersuchungen und Entwurmungen ausgeschlossen werden. Es ist zu vermuten, daß bei den von CHADWICK et al. beschriebenen S. mystax-Tieren ein sekundärer Zinkmangel vorgelegen hat (Phytate im Futter, Antagonismus zweiwertiger Kationen?).

3.1.3. Präferenzversuche mit anderen Diäten

Von einer großen deutschen Futtermittelfirma wird seit 1976 an der Entwicklung eines Marmoset-Alleinfutters gearbeitet, das inzwischen als praxisreif bezeichnet wird. Es handelt sich um ein Trockenfutter ("natural ingredient diet") in Pelletform (Durchmesser 10 mm) mit einem Rohproteingehalt von 24 %.

Die Vitaminzusätze übersteigen die vom NATIONAL RESEARCH COUNCIL (1978) empfohlenen Angaben bei weitem, ohne die in den Komponenten natürlich vorkommenden Gehalte überhaupt berücksichtigt zu haben. Die genaue Zusammensetzung der Mischung wird nicht angegeben, aber die Nährstoffträger werden gruppenweise angeführt. 28 % der Diät werden von tierischen Eiweißträgern und 17 % von pflanzlichen, ausschließlich Sojaschrot, geliefert. Rohfaser (3,5 %) wird über Weizenkleie eingebracht.

In einem vierwöchigen Präferenztest wurde einer begrenzten Anzahl zufällig ausgewählter Tiere gleichzeitig die Koloniediät XI und die kommerziellen Pellets angeboten bei üblicher zusätzlicher Bananenration. Tabelle 6 gibt den durchschnittlichen Verzehr pro Tier und Tag bei den verschiedenen Spezies an. Die kommerzielle Diät wurde an den meisten Tagen überhaupt nicht, am ersten Tag aber bis zu 6 g gefressen, was in den Durchschnitt mit einberechnet wurde und diesen Wert oft entscheidend beeinflußt hat. Im Verlauf der Versuchszeit war kein Anstieg der Akzeptanz zu beobachten.

TABELLE 6

Präferenztest zwischen Mischung XI und einer kommerziellen Marmoset-Alleindiät

Durchschnittlicher Verzehr in Gramm pro Tier und Tag

	C.jacchus	S.fuscicollis	S. labiatus	S.mystax
Mischung XI	13	16	18	19
"Alleindiät"	1,8	1,1	1,4	0,5
	n = 6 VE	n = 5 VE	n = 3 VE	n = 5 VE

VE = Versuchseinheit (= Käfig)

Ein weiterer Präferenzversuch mit einer in Amerika vom National Institute of Health entwickelten Testdiät ("natural ingredient diet") wurde vor kurzem an neu angekommenen Wildfängen der Spezies S. fuscicollis durchgeführt. Es handelt sich um eine gebackene Mischung in Form von lockeren Keksen mit einem Rohproteingehalt von etwa 22 %, der hauptsächlich durch Fischmehl und Sojaschrot eingebracht wird.

Noch am Ankunftstag erhielten die 12 Paare, relativ kleinwüchsige Tiere und ein noch jugendliches Paar, gleichzeitig diese Testdiät und Koloniediät XI angeboten. Über die Ernährung dieser Tiere während der sechswöchigen Quarantäne in Amerika ist nichts bekannt. Die Verzehrsaufzeichnungen erfolgten über die ersten sieben Tage einschließlich des Ankunftstages (18.00 Uhr).

Der durchschnittliche tägliche Verzehr der Pellets (Diät XI) betrug in dieser Zeit 11 g pro Tier. Die Biskuitdiät wurde von einem Paar mit durchschnittlich 5,7 g pro Tier und Tag verzehrt. Bei den restlichen elf Paaren betrug der Durchschnittswert 0,7 g, wobei drei Paare die Biskuits überhaupt nicht angerührt haben, zwei Paare nur an einem Tag und die übrigen Tiere sporadisch. Weitere Präferenzteste mit dieser gebackenen Diät an umfangreicheren Tiermaterial sind vorgesehen.

3.2 Untersuchungen zur Eignung verschiedener Proteinquellen

3.2.1. Material und Methoden

3.2.1.1. Versuchsplanung und Versuchsdurchführung

Die vier Proteinquellen Säurekasein (siehe 1.4.2. und 2.4.1.), Sojaschrot, Sojaproteinkonzentrat und isoliertes Sojaprotein (siehe 2.4.2.) wurden für die Versuche ausgewählt. Die Zusammensetzung des Sojaproteinkonzentrates ("Danpro A" von Aarhus Oliefabrik, 71% Rohprotein in der Trockensubstanz) und des isolierten Sojaproteins ("Purina 100" von Ralston Purina Company, 94 % Rohprotein in der Trockensubstanz) entspricht weitgehend den Angaben in Tabelle 3. Das Sojaschrot ist mit Schalenanteilen versetzt und mittelfein gemahlen. Der Rohproteingehalt beträgt 49 % in der Trockensubstanz. Der Gehalt an essentiellen Aminosäuren im Rohprotein der Testproteine ist in Tabelle 7 angegeben.

Die Versuchsdiäten wurden wie die Koloniediät als 5 mm Pellet angeboten.

Die Versuchstiere waren räumlich in die Zuchtkolonie integriert. Die Tiere werden, nach Spezies getrennt, in hellen Räumen gehalten bei 23 bis 26° C Raumtemperatur und einer relativen Luftfeuchtigkeit von 60 % mit einer künstlichen Beleuchtung im 12-Stundenrhythmus.

TABELLE 7

Prozentueller Anteil von essentiellen Aminosäuren am Rohprotein (= g / 16 g N) der Testproteine und Bedarfswerte Mensch/Monogastrier

Aminosäure	Bedarf monogastrischer Tiere für Wachstum[1]	Bedarf Mensch[2]	Casein[3]	Sojaschrot[4]	Sojaprotein-konzentrat[4]	Sojaprotein-isolat[4]
Histidin (semi-ess.)	1,5, - 2,0	1,4	2,9	2,8	2,6	2,6
Isoleucin	3,8	4,0	5,3	5,2	4,8	4,9
Leucin	7,0	7,0	9,2	8,0	8,0	8,1
Lysin	5,0	5,5	7,9	6,5	6,1	6,3
Methionin	>3,6	>3,5	2,7	1,4	1,4	1,3
Cystin			0,3	1,5	1,6	1,3
Phenylalanin	>7,0	>6,0	5,2	5,4	5,1	5,4
Tyrosin			5,3	3,8	4,0	4,0
Threonin	3,5	4,0	4,3	4,3	4,0	3,7
Tryptophan	1,0	1,0	n.b.	1,4	1,5	1,5
Valin	4,0	5,0	6,6	5,2	5,0	4,5
Arginin (semi-ess.)	6,0	5,0	3,7	8,5	7,5	7,5

1) ERBERSDOBLER, (1976)
2) FAO/WHO
3) nach Analysen des Institutes für Physiologie, Physiologische Chemie und Ernährungsphysiologie der tierärztlichen Fakultät der Universität München
4) nach Angaben der Hersteller

Unterstrichene Werte geben einen limitierenden Gehalt an.

3.2.1.1.1. Vorversuch

Im Vorversuch wurden die Akzeptanz der Proteinquellen, die grobsinnlich erfassbare Kotbeschaffenheit und Körpergewichtsänderungen aufgezeichnet.

Die Testproteine wurden zu je 15 % in die Diät VII (siehe 3.1.1.) eingemischt anstelle der darin enthaltenen Proteinträger. Die Zusammensetzung der Vorversuchsdiät ist in Tabelle 8 angegeben. Der Rohproteingehalt der "Grundmischung" ohne die Testproteinquelle betrug 7,4 %. Der gesamte Rohproteingehalt der jeweiligen Vorversuchsdiät betrug mit Casein und Sojaproteinisolat 20 %, mit Sojaproteinkonzentrat 17 % und mit Sojaschrot 14 %.

Jede "Versuchseinheit" (≙ 1 Käfig mit in der Regel 2 Tieren) begann mit einer anderen Ration, die Reihenfolge war aber gleich. Zwischen den dreiwöchigen Versuchsperioden wurden keine Pausen eingelegt. Die Pellets standen den Tieren ad libitum zur Verfügung, ebenso Wasser aus Nippeltränken. In den ersten zwei Versuchswochen erhielten die Affen täglich etwa 20 g Banane pro Tier zusätzlich.

Das Futter wurde vor dem Austeilen eingewogen und der verbliebene Rest am nächsten Morgen rückgewogen. Verstreute Pellets wurden auf einem Bandentmistungspapier unter jedem Käfig aufgefangen. Das Papier wurde täglich gewechselt und die darauf befindlichen Pellets aufgesammelt, einige Tage bei Raumtempe-

TABELLE 8

Zusammensetzung der "Grundmischung" für Vor- und Hauptversuch

Komponenten in %	Vorversuch	Hauptversuch
Maisschrot	14,8	10,0
Weizenquellmehl	9,0	9,0
Haferflocken	20,0	15,0
Grünmehl	2,0	2,0
Saccharose	15,0	15,0
Maltosesirup	2,0	2,0
Bananenpulver	10,0	---
natürl. Bananenaroma	---	1,5
Fettkonzentrat 40 %	5,0	5,0
Bierhefe mit Molkenprotein	2,5	2,5
Sojaöl	2,0	2,0
$CaHPO_4 \times 2H_2O$	1,0	1,0
$CaCO_3$	0,5	0,5
NaCl	0,2	0,2
Vitaminvormischung[1]	0,6	0,6
Vitamin C	0,1	0,1
Spurenelementvormischung[2]	0,1	0,1
Ca-propionat	0,2	0,2
Chromoxid	---	0,5
	85,0 %	67,2 %
Proteinquelle bzw.	15,0	—
Proteinquelle + Maisstärke	—	32,8
	100,0 %	100,0 %

1) und 2) siehe 3.1.1.

ratur getrocknet und dann gewogen. Zur Verzehrsermittlung wurden die beiden rückgewogenen Mengen von der Einwaage abgezogen. Bei Paaren wurde der Wert halbiert.

Die Kotbeurteilung erfolgte am jeweils nächsten Vormittag nach dem Heraussammeln der verschmissenen Pellets. Die Versuchstiere wurden zu Beginn und Ende jeder Versuchsperiode zur gleichen Tageszeit gewogen. Bei zwei Tieren pro Käfig wurde der Mittelwert aus den Gewichtsänderungen in Prozent des Körpergewichts errechnet.

3.2.1.1.2. Hauptversuch

Hier wurde die scheinbare Proteinverdaulichkeit bestimmt. Dazu wurden die Testsubstanzen proteinäquivalent eingesetzt mit 12 % Rohproteinanteil. Weitere 6,3 % waren bereits in der "Grundmischung" enthalten, deren Zusammensetzung in Tabelle 8 dargestellt ist. Als Ausgleichssubstanz für die unterschiedlichen Gewichtsanteile der Testproteine wurde Maisstärke gewählt, so daß die "Grundmischung" konstant blieb. Tabelle 9 gibt die Anteile der Variablen an.

Eine Versuchsperiode dauerte jeweils zwei Wochen, wobei in den ersten sechs Tagen zusätzlich zur ad libitum-Fütterung der Pellets etwa 20 g Banane pro Tier und Tag ausgeteilt wurden. Jede Versuchseinheit begann mit einer anderen Testdiät. Zwischen den

TABELLE 9

Prozentuale Anteile der Testproteine und der Maisstärke an der Hauptversuchsdiät

	Casein	Sojaschrot	Sojaprotein-konzentrat	Sojaprotein-isolat
% Proteinquelle	13,7	27,3	18,1	13,9
	+	+	+	+
% Maisstärke	19,1	5,5	14,7	18,9
Summe	32,8	32,8	32,8	32,8
"Grundmischung"	67,2	67,2	67,2	67,2
	100,0	100,0	100,0	100,0

Versuchen wurde nur einmal bei Saguinus labiatus eine vierwöchige Pause eingelegt. Ansonsten verliefen die Versuche durchgehend. Die Kotsammlung erfolgte ab dem achten Tag der Versuchsperiode. Tagsüber wurde etwa alle zwei Stunden frischer Kot vom untergelegten Papier aufgesammelt, in "50 ml Konisch Röhrchen" (Fa. Falcon) aufbewahrt und bei - 20° C eingefroren. Es wurde darauf geachtet, daß der Kot nicht mit Urin in Berührung gekommen war.

Die Verdaulichkeitsuntersuchungen wurden nach der Chromoxidindikatormethode mit 0,5 % Chromoxid in den Versuchsdiäten durchgeführt. Chromoxid ist unlöslich in Wasser, Säuren und Laugen und wird im Verdauungskanal weder chemisch umgesetzt noch resorbiert. Die Indikatormethode hat gegenüber der konventionellen Kotsammelmethode den Vorteil, daß sie objektiver ist und zuverlässigere Werte angibt, da die methodischen Fehler bei der Feststellung des Futterverzehrs und bei der praktisch fast unmöglichen quantitativen Kotsammlung wegfallen. PETRY und ENDERS (1974) konnten an Küken das verabreichte Chromoxid zu 99,3 % bis 99,9 % wiederauffinden. Diese Genauigkeit ist bei der konventionellen Methode nicht möglich.

Die Akzeptanz der Versuchsdiäten und die Körpergewichtsänderungen wurden wie in Abschnitt 3.1.1.1. angegeben ermittelt.

3.2.1.2. Tiermaterial

Für die Versuche wurden nur adulte, dem Anschein nach gesunde Tiere herangezogen. Die Affen waren überwiegend paarweise in Käfigen untergebracht, da sie einer Zuchtkolonie angehörten. Ein Käfig entsprach einer Versuchseinheit. Die Versuchstiere gehörten den Spezies Callithrix jacchus, Saguinus fuscicollis und Saguinus labiatus an.

Die kleinsten Tiere sind die C. jacchus mit einem durchschnittlichen Körpergewicht von 300 bis 380 g. Die für die Versuche zur Verfügung stehenden Tiere waren bis auf Eines in Gefangenschaft geboren und ihr genaues Alter somit bekannt. Die meisten waren zwischen zwei und drei Jahre alt. Allerdings zeigten sie stark von einander abweichende Körpergewichte: die Werte zu Versuchsbeginn reichten von 272 bis 427 g. Noch größere Unterschiede waren bei den S. fuscicollis-Versuchstieren gegeben. Die Extremwerte betrugen 305 bzw 570 g. Das "Sollgewicht" liegt bei mindestens 400 g. Die meisten Tiere dieser Spezies waren Wildfänge, die sich aber schon längere Zeit in Laboratoriumshaltung befanden. Eine Altersbestimmung bei bereits ausgewachsenen Tieren ist nicht möglich. Die S. labiatus-Tiere waren alle in Freiheit geboren und erst seit einem halben bis eineinhalb Jahren in Gefangenschaft. Die Körpergewichte der Versuchstiere reichten von 463 bis 639 g bei Versuchsbeginn. Bei dieser Spezies war

es schwierig, für den Versuch geeignete Tiere zu finden, da sich viele noch nicht von der schlechten Futteraufnahme bei den Mischungen I bis VI (siehe 3.1.1.) erholt hatten.

Das Tiermaterial ist nicht als homogen zu betrachten. Eine Einteilung in Alters- oder Gewichtsgruppen war aufgrund der geringen Tierzahl nicht möglich.

Paare mit Jungtieren und kränklich wirkende Tiere wurden nicht für die Versuche genommen. Trächtige Tiere schieden aus, da die Verzehrs- und Gewichtswerte verfälscht worden wären und außerdem die Gefahr eines Abortes durch das Herausfangen bestanden hätte. Wegen Trächtigkeit schieden im Verlauf der Versuche vier Paare von C. jacchus, zwei von S. fuscicollis und ein S. labiatus-Paar aus. Eventuell mit den Versuchen zusammenhängende Ausscheidungsgründe sind in Abschnitt 3.2.2.4 angegeben.

Nur die Versuchseinheiten, die jeweils den ganzen Vor- bzw. Hauptversuch mitgemacht hatten, wurden zur Auswertung herangezogen. Ihre Anzahl betrug bei C. jacchus fünf im Vor- und sechs im Hauptversuch, bei S. fuscicollis sechs bzw. vier und bei S. labiatus fünf bzw. sechs Versuchseinheiten.

3.2.1.3. Analytische Methoden

Der aufgetaute Kot wurde in Porzellanschälchen bei etwa 100° C drei Tage lang getrocknet. Zur Bestimmung der Trockensubstanz wurden die Schalen leer und trocken, mit dem feuchten Kot

gefüllt und nach dem Trockenvorgang gewogen.

An Kottrockensubstanz war von C. jacchus durchschnittlich 4 g, von den beiden anderen Spezies etwa 5,5 g vorhanden. Von Tieren, deren Kot meist mit Urin benetzt und deshalb nicht eingesammelt worden war, stand für die Analysen teilweise weniger als 1 g Trockensubstanz zur Verfügung.

Aufgrund der teilweise geringen Kotmengen konnte die übliche Rohproteinbestimmungsmethode nach Kjeldahl nicht einheitlich durchgeführt werden, da bei ihr mindestens 1 g Einwaage benötigt wird und alle Proben, auch bei der Chromoxidbestimmung, zweimal bestimmt werden sollten. Deshalb wurde einheitlich eine modifizierte Kjeldahlmethode mit einem Auto-Analyser (Fa. Technicon) angewandt, bei der nur etwa 0,4 g Trockensubstanz für eine Bestimmung benötigt wird. Die organische Substanz wird mit einem Gemisch von konzentrierter Schwefel- und Phosphorsäure (20 : 1) unter großer Hitzeeinwirkung oxidiert (= "nasse Veraschung"). Ein Selenreaktionsgemisch dient dabei als Katalysator. Die Lösung, in der die Aminogruppen des Proteins als NH_4-Ionen vorliegen, wird im Auto-Analyser mit Natronlauge versetzt, so daß Ammoniak frei wird, das dann mit Na-Salicylat in alkalischem Milieu als grüner Ammoniumsalicylatkomplex vorliegt, der bei 660 nm colorimetrisch gemessen wird. Es wird der Stickstoffgehalt in ppm angegeben. Der Rohproteingehalt errechnet sich dann aus N x 6,25.

Bei der konventionellen Methode wird mit Natronlauge titrimetrisch bestimmt, in welchem Ausmaß eine Säurenneutralisation durch überdestilliertes Ammoniak stattgefunden hat.

Der Chromoxidgehalt in Futter und Kot wurde nach Angaben von PETRY und RAPP (1971) bestimmt. Pro Analyse wird etwa 0,3 g Trockensubstanz benötigt. Die organische Substanz wird mit Hilfe von anorganischen Säuren naß verascht und gleichzeitig das dreiwertige Chromion zum sechswertigen Chromat oxidiert. In der durch Zugabe von Natronlauge stark alkalisierten Lösung befindet sich nur noch Monochromat, das bei 366 nm photometrisch gemessen wird. Die Autoren haben herausgefunden, daß die übliche Extinktionsermittlung des Chromations bei 430 bis 440 nm keine zuverlässigen Werte angeben kann, da die Meßlösung je nach Aufschlußverfahren wechselnde Anteile von Monochromat- und Dichromationen enthält. Die Voraussetzungen für die Gültigkeit des Lambert-Beer'schen Gesetzes sind somit nicht gegeben. Auch ist selbst bei konstant saurem pH die Empfindlichkeit der Messung im Wellenbereich um 440 nm für das Chromation nicht besonders groß.

Aus den ermittelten Protein- und Chromoxidgehalten in Futter- und Kottrockensubstanz wurde die scheinbare Proteinverdaulichkeit der Ration berechnet nach der Formel:

scheinbare Proteinverdaulichkeit =

$$100 - \left(\frac{\% \text{ Indikator im Futter} \times \% \text{ Nährstoff im Kot}}{\% \text{ Indikator im Kot} \times \% \text{ Nährstoff im Futter}} \times 100 \right)$$

3.2.1.4. Statistische Methoden

Die von den einzelnen Tieren ermittelten Meß- bzw. Rechenergebnisse wurden als Mittelwert angegeben. Eine statistische Auswertung der Ergebnisse wurde wegen der geringen Anzahl der Versuchstiere und deren Inhomogenität nicht durchgeführt. In einigen Fällen wurden Streuungen, in anderen die Extremwerte angegeben.

3.2.2. Ergebnisse und Diskussion

3.2.2.1. Akzeptanz

Zur Berechnung des durchschnittlichen Futterverzehrs im Vorversuch wurden alle im Laufe der dreiwöchigen Versuchsperiode ermittelten Werte herangezogen, d.h., daß der Pelletverzehr sowohl in der Zeit mit (zwei Wochen) als auch ohne (eine Woche) Bananenfütterung in den Durchschnittswert eingeht. In dem kürzeren Hauptversuch wurden nur die Tage ohne Obstzufütterung berechnet (ab 6. Tag), um die ersten Tage der Futterumstellung auszuschalten.

Bei Paaren wurde zur Angabe des Verzehrs in Prozent des Körpergewichts die Futteraufnahme in Gramm pro Tier und Tag in Relation zum Körpergewicht des einzelnen Tieres zu Beginn der jeweiligen Versuchsperiode gesetzt und aus beiden Werten das Mittel gebildet. Tabelle 10 gibt den durchschnittlichen Pelletverzehr und die Extremwerte in Prozent des Körpergewichts an.

Im Vergleich zum Vorversuch war die Futteraufnahme bei C. jacchus und S. fuscicollis im Hauptversuch insgesamt höher. Das liegt vermutlich daran, daß keine Obstzufütterung erfolgte und die ersten Tage der Umgewöhnung nicht mitgerechnet wurden. Die Spezies S. labiatus zeigte allerdings keinen größeren Verzehr und die Werte liegen auch insgesamt niedriger.

Die C. jacchus- und besonders die S. labiatus-Versuchstiere haben die Diäten mit Sojaschrot und Sojaproteinkonzentrat leicht bevorzugt. Bei S. fuscicollis sind die Werte in Vor- und Hauptversuch zu unterschiedlich, um eine Bevorzugung erkennen zu lassen.

Keine der Diäten wurde von allen Tieren eindeutig am besten akzeptiert und keine eindeutig am schlechtesten. Besonders bei C. jacchus und S. fuscicollis haben sich die Testproteinquellen im Durchschnitt nicht entscheidend auf den Verzehr ausgewirkt. Daß die S. labiatus-Tiere die Sojaschrotration im Hauptversuch einheitlich bevorzugt haben ist beachtenswert, wenn man den mit 27,3 % hohen Gewichtsanteil von Sojaschrot in der Versuchsdiät berücksichtigt.

TABELLE 10

Durchschnittlicher Pelletverzehr mit Angabe der Extremwerte in % des Körpergewichts während des Vorversuchs (VV) und ab dem 6. Tag des Hauptversuchs (HV)

Spezies / Hauptproteinquelle	C.jacchus n = 5 VV	C.jacchus n = 6 HV	S.fuscicollis n = 6 VV	S.fuscicollis n = 4 HV	S.labiatus n = 5 VV	S.labiatus n = 6 HV
Casein	4,4 2,8-6,2	5,2 3,2-6,4	4,8 4,1-6,0	5,7 4,7-6,2	3,4 3,1-4,1	3,3 2,8-3,7
Sojaschrot	4,6 2,4-5,4	5,4 4,7-6,2	4,3 3,1-5,7	5,6 4,8-6,3	3,8 3,2-4,7	4,0 3,5-4,5
Sojaproteinkonzentrat	4,5 3,7-5,4	5,5 4,0-6,5	4,9 3,2-5,9	5,4 4,7-6,3	4,1 3,5-5,3	3,7 3,3-4,0
Sojaproteinisolat	4,5 3,6-5,7	5,1 3,6-6,5	4,9 3,9-6,7	5,2 4,3-5,8	3,7 3,0-4,7	3,1 2,6-3,8
$\bar{x}$	4,5	5,3	4,7	5,5	3,7	3,5
$\bar{x}$ g/Tier und Tag	14,8	19,1	20,2	22,0	20,9	20,0

n = Anzahl der Versuchseinheiten

Die S. labiatus-Tiere verhielten sich in der Geschmackspräferenz am einheitlichsten. Die im Vor- und Hauptversuch im Durchschnitt bevorzugte Diät wurde jeweils auch von den einzelnen Tieren am meisten verzehrt, was auch für die Sojaproteinkonzentratration im Hauptversuch in zweiter Präferenz zutrifft. In allen anderen Fällen gibt der Durchschnittswert nicht repräsentativ die individuelle Rangfolge in der Geschmackspräferenz an.

3.2.2.2. Gewichtsentwicklung

Bei der Gewichtsentwicklung weisen die bei den einzelnen Tieren gemessenen Werte pro Ration extreme Spannweiten auf. Die Standardabweichungen entsprechen in ihrer Größe mindestens dem Durchschnittswert und meistens sogar einem Vielfachen davon. Noch am einheitlichsten verhielten sich die S. labiatus-Tiere. Bis auf jeweils einen Wert pro Ration in Vor- und Hauptversuch weisen die Einzelwerte zumindest das gleiche Vorzeichen auf wie der Durchschnitt, d.h., wenn dieser negativ ist, haben auch tatsächlich alle Tiere bis auf eines oder zwei (eine Versuchseinheit) an Gewicht abgenommen, wenn auch in unterschiedlicher Höhe. Auch bei S. fuscicollis zeigten sich, entsprechend dem Durchschnitt, bei allen vier Versuchseinheiten im Hauptversuch einheitlich nach der Sojaschrotration Gewichtsabnahmen (- 0,9 bis

- 4,3 %) bzw. nach der Sojaproteinkonzentratdiät Gewichtszunahmen (+ 0,7 bis + 6,2 %). In Tabelle 11 sind die durchschnittlichen Gewichtsänderungen in Vor- und Hauptversuch angegeben.

Die Höhe des Futterverzehrs hatte unter den Versuchsbedingungen keinen deutlichen Einfluß auf die Größe der Gewichtsänderungen. Selbst extrem hohe bzw. niedrige Verzehrsmengen der einzelnen Tiere spiegeln sich nicht regelmäßig im Gewichtsverlauf wider. Auch im Durchschnitt läßt sich nur bei den S. labiatus-Versuchstieren bei den bevorzugten Diäten, also die mit Sojaproteinkonzentrat im Vorversuch und mit Sojaschrot im Hauptversuch, eine Beziehung zwischen Verzehr und Gewichtsänderung feststellen.

Da bei den Krallenaffen ein hoher Proteinbedarf vermutet wird (siehe 2.3.), wurde bei der Sojaschrotration im Vorversuch mit einem Rohproteingehalt von nur 14 % eine deutliche Gewichtsabnahme erwartet, die sich aber nur bei S. labiatus im Durchschnittswert abzeichnet. Die beiden Rationen mit gleich hohem Proteingehalt, Casein und Sojaproteinisolat, wirkten sich unterschiedlich auf das Körpergewicht der Versuchstiere aus. Das Sojaproteinisolat hatte bei etwa gleichem Verzehr eine ungünstigere Gewichtsentwicklung (C. jacchus und S. fuscicollis) bzw. trotz höheren Verzehrs die gleiche Gewichtsabnahme zur Folge (S. labiatus).

TABELLE II

Durchschnittliche Änderung des Körpergewichts in % nach der jeweiligen Versuchsdiät in Vor- und Hauptversuch (VV und HV)

Spezies	C.jacchus		S.fuscicollis		S.labiatus	
Hauptproteinquelle	VV n = 4*	HV n = 6	VV n = 6	HV n = 4	VV n = 5	HV n = 6
Casein	+ 2,3	+ 0,3	+ 0,1	- 1,0	- 1,6	- 2,8
Sojaschrot	+ 2,7	- 0,4	- 0,7	- 1,9	- 2,1	+ 0,8
Sojaproteinkonzentrat	+ 3,9	+ 1,3	+ 0,5	+ 2,3	+ 1,9	- 2,3
Sojaproteinisolat	+ 1,5	- 0,4	- 1,6	- 1,0	- 1,6	- 2,6+

n = Anzahl der Versuchseinheiten

*Ein Paar wurde nicht in die Durchschnittswertberechnung aufgenommen. Die Werte betragen - 14,5 %, + 20,1 %, - 1,1 %, + 3,2 %. Die starke Gewichtsabnahme nach der ersten Versuchsperiode ist nicht durch schlechte Futteraufnahme zu erklären.

+n = 5. Ein Wert (- 13,2 %) wurde eliminiert (geringer Verzehr und Durchfall).

Soweit aufgrund der sehr unterschiedlichen Einzelwerte überhaupt eine Interpretation der Ergebnisse möglich ist, scheint sich doch das Sojaproteinkonzentrat am relativ günstigsten auf das Körpergewicht auszuwirken. In nur drei Fällen insgesamt (Vor- und Hauptversuch) war eine Gewichtsabnahme größer als 1 % des Körpergewichts zu verzeichnen. Warum die Wiegedaten so weit gestreut sind, ist nicht zu erklären. Wahrscheinlich waren die Versuchsperioden zu kurz, um einen Einfluß der Futterzusammensetzung auf das Körpergewicht hinreichend sicher messen zu können.

3.2.2.3. Verdaulichkeit und Kotbeschaffenheit

Die "scheinbare" Proteinverdaulichkeit der Testproteinquellen einschließlich des in der Basismischung enthaltenen Proteinanteils wurde aus dem während der zweiten Versuchsperiode gesammelten Tageskot ermittelt. Da noch keine Versuche mit annähernd proteinfreier Diät durchgeführt wurden, ist die Größe des "Darmverluststickstoffes" nicht bekannt. Die "wahre" Proteinverdaulichkeit, die um diesen Wert größer ist als die "scheinbare" Proteinverdaulichkeit, kann deshalb nicht angegeben werden.

Die in Tabelle 12 angegebenen Durchschnittswerte der Proteinverdaulichkeit jeder Ration zeigen eine übereinstimmende Rangfolge bei den drei Spezies. Die Caseinration war am besten

TABELLE 12

Durchschnittliche scheinbare Proteinverdaulichkeit der Versuchsdiäten in %

Spezies \ Hauptproteinquelle		Casein	Sojaschrot	Sojaproteinkonzentrat	Sojaproteinisolat	Durchschnitt der Spezies
C.jacchus	n = 6 VE	83 ± 2,2	75 ± 2,2	80 ± 3,1	79 ± 1,8	79
S.fuscicollis	n = 4 VE	80 ± 0,6	69 ± 3,9	76 ± 2,3	71 ± 7,3	74
S.labiatus	n = 6 VE	83 ± 2,4	69 ± 1,5	79 ± 4,3	74* ± 5,5	76
$\bar{x}$		82	71	78	75	

n = Anzahl der Versuchseinheiten

* n = 5. Ein Wert (58,4 %) wurde eliminiert (Durchfall)

verdaulich, gefolgt von der mit Sojaproteinkonzentrat. Von den insgesamt 16 Versuchseinheiten wiesen 13 diese Reihenfolge auf. Die schlechte Verdaulichkeit der Sojaschrotdiät spiegelt sich im gleichen Verhältnis bei den Einzelwerten wider. Der Durchschnitt entspricht somit weitgehend den individuellen Werten.

Die S. fuscicollis-Versuchstiere zeigten insgesamt die geringste Proteinverdaulichkeit und auch den höchsten Wassergehalt im Kot (siehe Tabelle 12). Da der Kot bei diesen Tieren oft wenig geformt war, erwies sich die Beurteilung schwieriger, ob der für die Analysen zu sammelnde Kot bereits mit dem stickstoffreicheren Urin benetzt war oder nicht. Dieser Stickstoff geht aus den Analysen aber als "nicht verdaut" hervor und erniedrigt somit den Wert der Proteinverdaulichkeit.

Während sich bei der grobsinnlichen Kotbeurteilung im Vorversuch bei keiner der Rationen eine Tendenz herauskristallisierte, wies der Kot im Hauptversuch bei Sojaschrot eine typische Beschaffenheit auf: er zeigte eine rauhe, matte Oberfläche, war nicht so homogen wie bei den anderen Rationen und enthielt viele kleine spelzenartige Bestandteile. Diese Beimengungen waren im Vorversuch, bei nur 15 % Sojaschrot in der Diät (im Hauptversuch 27,3 %), nur ausnahmsweise und in geringerem Ausmaß zu beobachten. Außerdem war der Kotwassergehalt bei der Sojaschrotration bei allen Spezies am höchsten. Die einheitlich geringere Verdaulichkeit dieser Ration ist teilweise auch auf den höheren Rohfasergehalt (3,5 % gegenüber 1,5 % bei der Caseindiät) zurückzuführen.

3.2.2.4. Verträglichkeit

Bei den Versuchstieren der Spezies C. jacchus ergaben sich während und einige Zeit nach den Versuchen außer vier Geburten keine besonderen Vorkommnisse, die ein Ausscheiden eines der Tiere aus den Versuchen erfordert hätte. Offensichtlich haben sie sowohl die Testdiäten als auch die häufigen Futterumstellungen gut vertragen.

Die Vorversuche verliefen auch bei den beiden anderen Spezies ohne Anzeichen von Unverträglichkeitsreaktionen. Dagegen ereigneten sich im Hauptversuch bei S. fuscicollis und S. labiatus einige Zwischen- bzw. Todesfälle, die auf eine Unverträglichkeit gegenüber Sojaschrot hinweisen. Es kann aber nicht ausgeschlossen werden, daß die Todesfälle durch den Verzehr intoxizierter Insekten mitverschuldet waren.

Von den anfangs 14 S. fuscicollis-Versuchstieren (= 7 Versuchseinheiten) starb ein Tier unerwartet am 10. Tag des Sojaschrotversuches nach einem Gewichtsverlust von 8 %. Es hatte bereits nach der vorausgegangenen Caseindiät 8 % seines Körpergewichts verloren. Sowohl während der Casein- als auch der Sojaschrotdiät wies das Tier einen ungeformten, breiigen Kot auf. Die Sektion ergab außer einer leichten Enteritis keine Besonderheiten. Ein weiteres Tier zeigte am letzten Tag des Sojaschrotversuches einen ohne Gewichtsverlust einhergehenden plötzlichen Kräfte-

verfall, also einen schockartigen Zustand. Es hat sich aber wieder schnell und dauerhaft erholt. Ein weiteres Paar schied wegen Trächtigkeit aus, so daß nur vier Versuchseinheiten zur Auswertung übrig blieben.

Von der Spezies S. labiatus verstarben vier Versuchstiere. Tier Nr. 1 war am dritten Tag des Sojaproteinisolatversuchs in komatösem Zustand im Käfig gelegen und starb trotz Behandlung nach zwei Tagen. Die Todesursache konnte nicht festgestellt werden (Futterumstellung?). Tier Nr. 2 verlor während der Caseindiät 15 % an Gewicht und starb nach 25 Tagen während der Versuchspause (Sektion: Altersschwäche?). Beide Tiere waren zum ersten Mal im Versuch. Tier Nr. 3 reagierte auf die Sojaschrotdiät mit Durchfall und nahm 16 % seines Körpergewichts ab trotz gleichbleibenden Verzehrs dieser Versuchseinheit (2 Tiere). Das Tier verstarb nach zwei Tagen. Einige Tage vorher wurde blutiger, schleimiger Kot unter seinem Käfig entdeckt. Die Sektion ergab: Gastro-Enteritis mit vergrößerten und hämorrhagischen Mesenteriallymphknoten; vergrößerte Milz mit stumpfen Rändern; Blut schwarz, hämolytisch und schlecht geronnen. Tier Nr. 4 entwickelte während der Sojaschrotdiät eine leichte Diarrhoe und nahm an Gewicht (- 4 %) ab. Nach 27 Tagen, während der Versuchspause, starb das Tier. Die Sektion ergab außer einer vermehrten Blutfülle der Darmwandgefäße keine besonderen Befunde.

4. SCHLUSSFOLGERUNGEN

Mit der seit längerer Zeit verfütterten Koloniediät scheint eine befriedigende Lösung des Ernährungsproblems von laborgehaltenen Krallenaffen gefunden zu sein. Dem Anspruch, optimal zu sein, wird diese Diät sicher noch nicht gerecht. Dazu fehlen noch für viele Nährstoffe exakte Bedarfsangaben. Entscheidende Mängel weist die Diät aber offensichtlich nicht auf, da die betreute Kolonie einen wachsenden Zuchterfolg aufweisen kann. Solange der Proteinbedarf dieser Affen noch nicht sicher feststeht, wird der hohe Gehalt beibehalten werden.

Die Akzeptanz, die nach allgemeiner Meinung bei diesen Tieren nach wie vor die entscheidende Frage bei der Tauglichkeit einer Koloniediät darstellt, ist mit dem entwickelten Pelletfutter zufriedenstellend gelöst. Die Vergleiche mit zwei anderen Diätformen, die in den jeweiligen Kolonien nach Angaben der Betreuer einigermaßen zufriedenstellend eingeführt sind, bestätigten den Geschmacksvorteil der hiesigen Diät. Bei neu zugekauften Wildfängen und auch bereits laborgehaltenen Tieren wurde dieses Futter neben wenig Obst als einzige Nahrung eingesetzt und von Anfang an gut akzeptiert. Auch in fremden Kolonien, in denen geringe Mengen dieser Diät versuchsweise ausgeteilt wurden, haben die Tiere die Pellets spontan gut angenommen.

Obwohl sich die Pellets durchaus bewährt haben, sollen auch noch andere Verarbeitungsformen bezüglich Akzeptanz und Praktikabilität untersucht werden. Dabei ist besonders an eine extrudierte Form gedacht, aber auch eine feuchte, geleeartige Diätform könnte eine vermehrte Futteraufnahme bewirken. Dies ist auch im Hinblick auf zukünftige "halbsynthetische" Diäten wichtig, da nicht sicher ist, daß sich jede den Versuchsfragen entsprechend zusammengestellte Rezeptur zum Pelletieren eignen wird.

Bei zusammenfassender Betrachtung der Versuchsergebnisse zur Eignung verschiedener Proteinquellen ergeben sich für das Sojaproteinkonzentrat die meisten Pluspunkte. Zwar erwies sich die Caseinration als etwas besser verdaulich, doch zeigten sich dafür die Sojaproteinkonzentratdiäten sowohl in der Akzeptanz als auch in der Gewichtsentwicklung in den meisten Fällen überlegen. Das Sojaproteinisolat hat die Erwartungen, die aufgrund der meist positiven Beurteilungen in der Literatur bestanden, nicht erfüllt. Als hochprozentige Proteinquelle in "halbsynthetischen" Diäten ist das Casein diesem Sojaprodukt auf jeden Fall vorzuziehen. Es empfiehlt sich nicht, größere Mengen von Sojaschrot in eine Diät aufzunehmen, da die Proteinverdaulichkeit geringer ist und auch die Möglichkeit von Unverträglichkeitsreaktionen nicht ausgeschlossen werden kann. Sojaschrot ist in fast jedem Affenfertigfutter enthalten.

Die angegebenen Proteinverdaulichkeitswerte geben die "scheinbare" Proteinverdaulichkeit des gesamten Rohproteins an, zu dem die Testproteine zu zwei Dritteln beigetragen haben. Um die tatsächlich nur für die Testproteinquelle gültige Proteinverdaulichkeit bestimmen zu können, muß sie als einzige eiweißhaltige Substanz in einer "halbsynthetischen" Diät eingesetzt werden. Auch um andere gezielte Ernährungsversuche durchführen zu können, muß man auf einen solchen Diättyp zurückgreifen können, da bei der bestehenden "natural ingredient diet" ein beliebiges Austauschen der Nährstoffträger nicht möglich ist. Die Entwicklung einer solchen "semipurified diet" ist eine Voraussetzung für weiterführende ernährungsphysiologische Untersuchungen.

Die Höhe des "Darmverluststickstoffes" bei Krallenaffen muß noch ermittelt werden. Die Kenntnis dieses Wertes erlaubt die Bestimmung der "wahren" Verdaulichkeit und anderer Kenngrößen, wie der "biologischen Wertigkeit."

In zahlreichen Untersuchungen wurde ein merklicher, bei den Tierarten unterschiedlicher Einfluß des Rohfasergehalts auf die Proteinverdaulichkeit festgestellt. Auch im Zusammenhang mit Untersuchungen zum quantitativen Proteinbedarf wäre eine bessere Kenntnis über diese Beziehung zwischen "Rohfaser" und Proteinverdaulichkeit bei Krallenaffen wichtig.

ZUSAMMENFASSUNG

An drei Krallenaffenspezies wurden zahlreiche Diätmodifikationen in Pelletform erprobt. Es konnte eine Koloniediät mit befriedigenden Akzeptanzeigenschaften ermittelt werden. Sie war im Präferenztest anderen Diätformen, darunter einer kommerziellen Marmosetdiät, eindeutig überlegen, bedarf aber noch einer Langzeitprüfung.

Casein, ein Sojaproteinisolat, ein Sojaproteinkonzentrat und Sojaschrot wurden bezüglich ihrer Eignung als hauptsächliche Proteinquelle in Verdauungsversuchen (Indikatormethode) geprüft. Bei allen drei Spezies erwies sich Casein als am höchsten (≥ 80 % scheinbare Verdaulichkeit des Rationsproteins), Sojaschrot als am wenigsten ($\bar{x} = 71$ %) verdaulich.

Es werden zahlreiche Nebenbefunde mitgeteilt und Vorschläge für fortführende Untersuchungen gemacht.

SUMMARY

STUDIES ON PROTEIN SOURCES IN THREE MARMOSET SPECIES

Various diet modifications were fed as pellets to three marmoset species. From the observations made, a pelleted colony diet was developed which showed satisfactory properties, especially concerning the acceptance by the respective species. It was shown to be superior in acceptability to diets from other laboratories, including a commercial pelleted marmoset diet.

Casein, an isolated soyprotein, a soyprotein concentrate and soybean meal were studied in digestibility experiments (Cr_2O_3-technique) as prospective main protein sources for marmosets. In all of the three species, casein showed superior digestibility (80 % apparent digestibility of ration protein). Soybean meal was inferior to the other sources ($\bar{x}$ = 71 %).

Additional observations are reported.

LITERATURVERZEICHNIS

1. VAN ADRICHEM,P.W.M., 1967
   Sojaeiweiß ein alimentäres Antigen bei Mastkälbern.
   Z.Tierphysiol.,Tierernährg.u.Futtermittelkde., 23, 34 38

2. ALTSCHUL,A.M., 1979
   What we need to know about plant proteins.
   in: Soy Protein and Human Nutrition.
   (Eds: Wilcke, H.L., Hopkins, D.T. and Waggle, D.H.), Academic Press, 1979, pp 369-375

3. ANDERSON,M.P., Hunt, R.D., Griffiths, H.J., McIntyre, K.W. and Zimmerman, R.E., 1977
   Long-term effect of low dietary calcium: phosphate ratio on the skeleton of Cebus albifrons monkeys.
   J. Nutr. 107, 834-839

4. ANDERSON,R.L., Rackis, J.J. and Tallent, W.H., 1979
   Biologically active substances in soy products
   in: Soy Protein and Human Nutrition
   (Eds: Wilcke,H.L., Hopkins,D.T. and Waggle,D.H.), Academic Press, 1979, pp 209-233

5. AUSMAN,L.M. and Hayes, K.C., 1974
   Vitamin E deficiency anemia in Old and New World monkeys.
   Am. J. Clin. Nutr., 27, 1141-1151

6. AUSMAN,L.M., Gallina, D.L., Camitta, B.M., Flath, L.C. and Hegsted, D.M., 1977
   Acute erythroid hypoplasia in malnourished infant squirrel monkeys fed isolated soy protein.
   Am. J. Clin. Nutr. 30, 1713-1720

7. AUSMAN,L.M. and Gallina, D.L., 1979
   Liquid formulas and protein requirements of nonhuman primates.
   in: Primates in Nutritional Research . (Ed: Hayes,K.C.), Academic Press, 1979, pp 39-57

8. AUSMAN,L.M., Gallina, D.L., Samonds, K.W. and Hegsted, D.M., 1979
   Assessment of the efficiency of protein utilization in young squirrel and macaque monkeys.
   Am. J. Clin. Nutr. 32, 1813-1823

9. BEATON,G.H., 1975
Protein: energy ratios - guidelines in the assessment of protein nutritional quality.
in: Protein Nutritional Quality of Foods and Feeds. Part 2.
(Ed: Friedman,M.), Marcel Dekker Inc., New York, pp 619-634

10. BERGNER,H., Simon, O. and Bergner, U., 1980
Endogenous proteins in the process of digestion and absorption.
3rd EAAP-Symposium on Protein Metabolism and Nutrition, Mai 1980, Braunschweig

11. BRACK,M., Rothe, H., 1980
Fütterungsbedingte "Wasting Disease" bei Weissbüscheläffchen (Callithrix jacchus)
in: Erkrankungen der Zootiere. (Eds: Ippen,R. und Schröder,H.-D.), Akademie-Verlag, Berlin, 1980, pp 181-185

12. BULLOCK,B.C., Lehner, N., Clarkson, T.B., Feldner, M., Wagner, W. and Lofland, H., 1975
Comparative primate atherosclerosis.
Exp.Mol.Path. 22, 151-159

13. Buraczewski,S., 1980
Aspects of protein digestion and metabolism in monogastric animals.
3rd EAAP-Symposium on Protein Metabolism and Nutrition, Mai 1980, Braunschweig

14. CHADWICK,D.P., May, J.C. and Lorenz, D., 1979
Spontaneous zink deficiency in marmosets, Saguinus mystax.
Laboratory Animal Science 29, 482-485

15. COIMBRA-FILHO,A.F. and Mittermeier, R.A., 1978
Tree-gouging, exudate-eating and the "short-tusked" condition in Callithrix and Cebuella.
in: Biology and Conservation of the Callithricidae. (Ed: Kleiman,D.G.), Smithsonian Institute, 1978, pp 105-115

16. CRONIN,J.E. and Sarich, V.M., 1978
Marmoset evolution: the molecular evidence
Prim.Med. 10, 12-19

17. DEINHARDT,J.B., Devine, J., Passovoy, M., Pohlman, R. and Deinhardt, F., 1967
Marmosets as laboratory animals. I. Care of marmosets in the laboratory, pathology and statistical evaluation of data.
Lab.Animal Care 17, 11-29

18. DEINHARDT,F., Wolfe, L., Ogden, J., 1976
The importance of rearing marmoset monkeys in captivity for conservation of the species and for biomedical research.
in: First Inter-American Conference in Conservation and Utilization of American Nonhuman Primates in Biomedical Research. Lima, 1975
Pan American Health Organization. Scientific Publication No. 317, 1976, pp 65-70

19. DREIZEN,S. and Levy, B.M., 1969
Histopathology of experimentally induced nutritional deficiency cheilosis in the marmoset (Callithrix jacchus).
Archs.oral.Biol. 14, 577-582

20. DREIZEN,S., Levy, B.M. and Bernick, S., 1973
Diet-induced atherosclerosis in the marmoset
Proc.Soc.Exp.Biol.Med. 143, 1218-1223

21. ELLIOT,O., Yess, N.Y. and Hegsted, D.M., 1963
Biosynthesis of ascorbic acid in the tree shrew and slow loris.
Nature 212, 739-740

22. EPPLE,G., 1967
Vergleichende Untersuchungen über Sexual- und Sozialverhalten der Krallenaffen (Hapalidae).
Folia primat. 7, 37-65

23. ERBERSDOBLER,H., 1976
Aminosäuren und Proteine
in: Lehrbuch der Veterinär-Physiologie (Ed:Scheunert,A., Trautmann,A.), Paul Parey Verlag 1976, pp 241-268

24. FITCH,C.D., Harville, W.E., Dinning, J.S. and Porter, F.S., 1964
Iron deficiency in monkeys fed diets containing soybean protein.
Proc.Soc.Exp.Biol.Med. 116, 130-133

25. FOMON,S.J. and Ziegler, E.E., 1979
Soy protein isolates in infant feeding.
in: Soy Protein and Human Nutrition. (Eds:Wilcke, H.L., Hopkins, D.T. and Waggle, D.H.), Academic Press, 1979, pp 79-99

26. FOOD and Agriculture Organization/World Health Organization, 1973
WHO Technical Report Series No. 522
FAO Nutrition Meetings Report Series No. 52 FAO/WHO Genf
zitiert nach Steinke,F.H., 1979
Measuring protein quality of foods
in: Soy Protein and Human Nutrition (Eds: Wilcke,H.L., Hopkins,D.T. and Waggle, D.H.), Academic Press, 1979, pp 307-312

27. GALLINA,D.L. and Ausman, L.M., 1979
Selected aspects of the metabolic behaviour of the squirrel monkey.
in: Primates in Nutritional Research (Ed: Hayes,K.C.), Academic Press, 1979, pp 225-247

28. GARCIA,F.G., 1976
Primate husbandry and reproduction.
in: First Inter-American Conference in Conservation and Utilization of American Nonhuman Primates in Biomedical Research, Lima, 1975
Pan American Health Organization. Scientific Publication No. 317, 1976, pp 51-64

29. GENGOZIAN,N., Batson, J.S. and Smith, T.A., 1978
Breeding of marmosets in a colony environment.
Prim.Med. 10, 71-81

30. GENGOZIAN,N., Brewen, J.G., Preston, R.J. and Batson, J.S., 1980
Presumptive evidence for the absence of functional germ cell chimerism in the marmoset.
J.med.Primatol. 9, 9-27

31. GLASER,D., 1972a
Vergleichende Untersuchungen über den Geschmackssinn der Primaten.
Folia primat. 17, 267-274

32. GLASER,D., 1972b
Die Reaktionen bei einigen Primaten auf zwei künstliche Süßstoffe und H_2O dest.
Folia primat. 18, 433-443

33. GRZIMEK,B., 1979
Tierleben. Säugetiere 1, Band 10,
DTV München, 1979, pp 348-379

34. HAMPTON,J.K. jr., Hampton, S.H. and Landwehr, B.T., 1966
Observations on a successful breeding colony of the marmoset Oedipomidas oedipus.
Folia primat. 4, 265-287

35. HARPER,A.E., 1973
What are the problems in evaluating protein quality?
I.Objective of protein evaluation.
in: Protein in Human Nutrition. (Eds: Porter,J.W.G. and Rolls,B.A.), Academic Press, London, New York, 1973, pp 349-352

36. HARPER,A.E., 1979
Human requirements for lysine and sulfur-containing amino acids.
in: Soy Protein and Human Nutrition (Eds: Wilcke,H.L., Hopkins,D.T. and Waggle,D.H.), Academic Press, 1979, pp 171-182

37. HARRIS,R.S., 1970
Natural versus purified diets in research with nonhuman primates.
in: Feeding and Nutrition of Nonhuman Primates. (Ed: Harris, R.S.), Academic Press, 1970, pp 251-262

38. HAYES,K.C., Carey, R.E. and Schmidt, S.Y., 1975
Retinal degeneration associated with taurine deficiency in the cat.
Science 188, 949-951

39. HAYES,K.C. pers. Mitteilg., 1980
Department of Nutrition. Harvard School of Public Health. Boston, MA and New England Regional Primate Research Center, Southborough, MA

40. HEARN,J.P., Lunn, S.F., Burden, F.J. and Pilcher, M.M., 1975
Management of marmosets for biomedical research.
Lab. Animals 9, 235-240

41. HEARN,J.P., Abbot, D.H., Chambers, P.C., Hodges, J.K. and Lunn, S.F., 1978
Use of the common marmoset, Callithrix jacchus, in reproductive research.
Prim.Med. 10, 40-49

42. HERSHKOVITZ,P., 1977
Living New World Monkeys, Vol. I
University of Chicago Press.

43. HIDDLESTON,W.A., 1975
Large scale production of a small laboratory primate: Callithrix jacchus.
in: The Laboratory Animal in the Study of Reproduction. 6th Symp. Thessaloniki, 1975. (Eds: Antikatzides, T., Erichsen, S. and Spiegel, A.), Fischer Verlag, Stuttgart, pp 51-57

44. HOBBS, K.R., Clough, G. and Bleby, J., 1977
The estabishment of specified-pathogen-free marmosets, Callithrix jacchus.
Lab. Animals 11, 29-34

45. HOLMES,A.W., Passovoy, M. and Capps, R.B., 1967
Marmosets as laboratory animals. III. Blood chemistry of laboratory-kept marmosets with particular attention to liver function and structure.
Lab. Animal Care 17, 41-47

46. HUANG,Z., Chalibog, A., Eggum, B.O. and Thorbek, G., 1980
Nitrogen retention in artificially reared piglets raised on soyaprotein concentrate.
3rd EAAP-Symposium on Protein Metabolism and Nutrition, Mai 1980, Braunschweig

47. HUNT,R.D., Garcia, F.G. and Hegsted, D.M., 1967
A comparison of vitamin D_2 and D_3 in New World primates. I. Production and regression of osteodystrophia fibrosa.
Lab. Animal Care 17, 222-234

48. JZAWA,K., 1978
A field study of the ecology and behaviour of the black-mantle tamarin (Saguinus nigricollis).
Primates 19 (2), 241-274

49. KERR,G.R., 1972
Nutritional requirements of subhuman primates.
Physiol. Reviews 52 (2), 415-467

50. KING,G., 1975
Feeding and nutrition of the Callithricidae at the Yersey Zoological Park.
Twelfth annual report. Extract from the Yersey Wildlife Preservation Trust, 1975

51. KING,G.J., 1976
An investigation into "Wasting Marmoset Syndrome" at Yersey Zoo.
Thirteenth annual report. Extract from the Yersey Wildlife Preservation Trust, 1976.

52. KING,G.J., 1978
Comparative feeding and nutrition in captive nonhuman primates.
Brit.J.Nutr. 40, 55-62

53. LEHNER,N.D.M., Bullock, B.C., Clarkson, T.B. and Lofland, H.B., 1967
Biological activities of vitamins D_2 and D_3 for growing squirrel monkey.
Lab. Animal Care 17, 483-493

54. LEHNER,N.D.M., Bullock, B.C. and Clarkson, T.B., 1968
Ascorbic acid deficiency in the squirrel monkey.
Proc.Soc.Exp.Biol.Med. 128, 512-514

55. LEUTENEGGER,W., 1980
Monogamy in Callithrichids: a consequence of phyletic dwarfism?
International Journal of Primatology 1, 95-98

56. LIENER,I.E., 1973
Toxic factors in protein foods.
in: Proteins in Human Nutrition. (Eds: Porter,J.W.G. and Rolls, B.A.), Academic Press, 1973, pp 481-500

57. LIENER,I.E. und Kakade, M.L., 1980
Protease Inhibitors.
in: Toxic Constituents of Plant Foodstuffs. II nd edition. (Ed: Liener, I.E.), Academic Press, 1980, pp 7-71

58. MACHADO,A. und Leite, O.C. 1957
Goma de cajueiro.
Boletin do Instituto de Quimica Agricola 50, 7-15
zitiert nach Coimbra-Filho and Mittermeier, 1978

59. MANN,G.V., Andrus, S.B., McNally, A. and Stare, F.J., 1953
Experimental atherosclerosis in cebus monkeys.
J.Exp.Med. 98, 195-218

60. MARTIN,D.P., 1978
Primates.
in: Zoo and Wild Animal Medicine. (Ed: Fowler, M.E.), W.B.Saunders u. Co., Philadelphia Pa., 1978, pp 524-552

61. MC LAUGHLAN,J.M., 1979
Critique of methods for evaluation of protein quality.
in: Soy Protein and Human Nutrition. (Eds: Wilcke,H.L., Hopkins,D.T. and Waggle,D.H.), Academic Press, 1979, pp 281-295

62. MILLER,D.S., 1973
Protein-energy interrelationship.
in: Proteins in Human Nutrition. (Eds: Porter,J.W.G. and Rolls,B.A.), Academic Press, London, New York, 1973, pp 93-101

63. NAPIER,J.R. and Napier, P.H., 1967
A Handbook of Living Primates.
Academic Press, 1967

64. NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1978
Nutrient Requirements of Nonhuman Primates.
National Academy of Sciences, Washington, D.C., 1978

65. NAVIA,J.M., 1970
The preparation, use and nutrient stability of nonhuman primate diets.
in: Feeding and Nutrition of Nonhuman Primates. (Ed: Harris,R.S.), Academic Press, 1970, pp 277-295

66. NEWBERNE,P.M. and Hayes, K.C., 1979
Semipurified diets for nonhuman primates.
in: Primates in Nutritional Research. (Ed: Hayes, K.C.), Academic Press, 1979, pp 99-119

67. NICOLOSI,.R.J. and Hunt, R.D. 1979
Dietary allowances for nutrients in nonhuman primates.
in: Primates in Nutritional Research (Ed: Hayes, K.C.), Academic Press, 1979, pp 11-37

68. O'DELL,B.L., Burpo, C.E. and Savage, J.E., 1972
Evaluation of zink availability in foodstuffs of plant and animal origin.
J.Nutr. 102, 653-660

69. O'DELL,B.L., 1979
Effect of soy protein on trace mineral availability.
in: Soy Protein and Human Nutrition. (Eds: Wilcke,H.L., Hopkins,D.T. and Waggle,D.H.), Academic Press, 1979, pp 187-207

70. PETRY,H. und Rapp, W., 1971
Zur Problematik der Chromoxidbestimmung in Verdauungsversuchen.
Z.Tierphysiol.Tierernähr.u.Futtermittelkde. 27, 181- 189

71. PETRY,H. und Enders, H., 1974
Kritische Betrachtungen über die Zuverlässigkeit der im klassischen Verdauungsversuch und nach der Chromoxid-Indikatormethode bestimmten Verdauungskoeffizienten.
Z.Tierphysiol,Tierernährg.u.Futtermittelkde. 33, 88- 98

72. PORTMAN,O.W., 1970
Nutritional requirements of nonhuman primates.
in: Feeding and Nutrition of Nonhuman Primates. (Ed: Harris, R.S.), Academic Press, 1970, pp 87-115

73. RASMUSSEN,K.M., 1979
Folic acid needs for breeding and growth of nonhuman primates.
in: Primates in Nutritional Research. (Ed: Hayes,K.C.), Academic Press, 1979, pp 73-97

74. ROGERS,Q.R. und Morris, J.G., 1980
Why does the cat require a high protein diet.
in: Nutrition of the Dog and Cat (Ed: Anderson,R.S.), Pergamon Press, 1980, pp 45-66

75. SAMONDS,K.W. and Hegsted, D.M., 1973
Protein requirements of young cebus monkeys (Cebus albifrons and apella).
Am.J.Clin.Nutr. 26, 30-40

76. SCRIMSHAW,N.S. and Young, V.R. 1979
Soy protein in adult human nutrition: a review with new data. (Eds: Wilcke,H.L., Hopkins,D.T. and Waggle,D.H.), Academic Press, 1979, pp 121-143

77. SHIMWELL,M., Warrington, B.F. and Fowler, J.S.L., 1979
Dietary habits relating to "Wasting Marmoset Syndrome".
Lab. Animals 13, 139-142

78. SIDDAL,R.A. 1978
The use of marmosets (Callithrix jacchus) in teratological and toxicological research.
Prim.Med. 10, 215-224

79. SMITH,R.H., Hill, W.B. and Sissons, J.W., 1970
The effect of diets containing soya products on the passage of digesta through the alimentary tract of the pre-ruminant calf.
Proc.Nutr.Soc.29, 6 A

80. SMITH,R.H. and Wynn, C.F., 1971
Effects of feeding soya products to pre-ruminant calves.
Proc.Nutr.Soc. 30, 75 A

81. SMITH,R.H. and Sissons, J.W., 1975
The effect of different feeds, including those containing soya-bean products, on the passage of digesta from the abomasum of the pre-ruminant calf.
Br.J.Nutr. 33, 329-349

82. STARE,F.J., Andrus, S.B. and Portman, O.W., 1963
Primates in medical research with special reference to New World monkeys.
in: Research with Primates. (Ed: Pickering, D.E.), Tektronix Found., Beaverton, Oregon, pp 59-66

83. STEINKE,F.H. and Hopkins, D.T., 1978
Biological availability to the rat of intrinsic and extrinsic iron with soybean protein isolates.
J.Nutr. 108, 481-489

84. STELLAR,E., 1960
The marmoset as a laboratory animal: maintenance, general observations of behaviour and simple learning.
Comp.Phys.Psychol. 53, 1-10

85. STEVENSON,M.F., 1976
Maintenance and breeding of the common marmoset with notes on hand-rearing.
Reprinted from the International Zoo Yearbook. 16, 110-116

86. THORINGTON,R.W. jr., 1970
Feeding behaviour of nonhuman primates in the wild.
in: Feeding and Nutrition of Nonhuman Primates. (Ed: Harris, R.S.), Academic Press, New York and London, 1970, pp 15-27

87. TURTON,J.A., Ford, D.J., Bleby, J., Hall, B.M. and Whiting, R., 1978
Composition of the milk of the common marmoset (Callithrix jacchus) and milk substitutes used in hand-rearing programmes with special reference to fatty acids.
Folia primatol. 29, 64-79

88. WAGGLE,D.H. and Kolar, C.W. 1979
Types of soy protein products.
in: Soy Protein and Human Nutrition. (Eds: Wilcke, H.L., Hopkins,D.T. and Waggle,D.H.), Academic Press, 1979, pp 19-51

89. WINTER,M. und Rothe, H., 1977/78
Einige Aspekte zur künstlichen Aufzucht und körperlichen Entwicklung von Weißbüscheläffchen (Callithrix jacchus).
Zeitschrift des Kölner Zoo 4, 129-141

90. WOLFE,L.G. and Deinhardt, F., 1978
Overview of viral oncology studies in Saguinus and Callithrix species.
Prim.Med. 10, pp 96-118

91. ZEZULKA,A.Y. and Calloway, D.H., 1976
Nitrogen retention in men fed varying levels of amino acid from soy protein with or without added L-methionine.
J.Nutr. 106, 212-221.

Bei Herrn Prof.Dr.H. Zucker möchte ich mich herzlich für die Überlassung der Arbeit und die jederzeit gewährte Unterstützung sowie für die gewährten Arbeitsmöglichkeiten bedanken.

Ebenso gilt mein aufrichtiger Dank Herrn Prof.Dr.F. Deinhardt für die immer freundlich gewährte Hilfe.

Frau Dr.R. Scheid sei herzlich für die stetige Hilfsbereitschaft in Rat und Tat gedankt.

LEBENSLAUF

Carola Flurer	geboren am 16. Juni 1953 in München
Eltern	Paul Flurer, Amtmann, gestorben 1978 Marianne Flurer, geb. Huber
Schulausbildung	von 1959-1962 an der Hirschbergschule in München von 1962-1963 an der Walliserschule in München von 1963-1972 am sozialwissenschaftlichen Käthe-Kollwitz-Gymnasium in München
Universitätsausbildung	von 1972-1978 Studium der Veterinärmedizin an der Universität München. Staatsexamen im Sommer 1978 1979 Approbation als Tierärztin
gegenwärtige Tätigkeit	Februar 1979 Beginn der Doktorarbeit am Institut für Physiologie, Physiologische Chemie und Ernährungsphysiologie der Tierärztlichen Fakultät der Universität München und am Max von Pettenkofer-Institut für Hygiene und Medizinische Mikrobiologie der Universität München. Einstellung als wissenschaftliche Hilfskraft.